

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA, MINERA,
METALÚRGICA Y GEOGRÁFICA**

UNIDAD DE POSGRADO

**Comportamiento de la mineralización de oro en el
batolito de la costa, en la super unidad Santa Rosa,
Chosica-Lima**

TESIS

Para optar el Grado Académico de Magíster en Geología con
mención en Minas y Recursos Energéticos

AUTOR

Yber Juan IRCAÑAUPA ACEVEDO

Lima – Perú

2017

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a la memoria de mis padres
Donato y Maximiliana.
Especial gratitud a mis hermanos Carlos y Aurora
que actuaron como mis padres sustitutos.

AGRADECIMIENTOS.

Expreso mi más sincero agradecimiento al Ing. Enrique Guadalupe Gómez por su infinita paciencia, en dedicarme gran parte de su tiempo en la revisión de mi tesis y motivarme día a día en la realización del mismo, hago extensivo también al Ing. Pedro Gagliuffi por su asesoramiento y apoyo en comentarios y mejora de la tesis.

Un especial agradecimiento a la Sra. Yaneth Vera por su apoyo incondicional y aliento constante en la realización de mi tesis, quien día a día desarrolla una gran labor en incentivar a los estudiantes en la realización de la tesis.

A mi esposa Beatriz; mi compañera de toda la vida, que me impulsa a seguir en la brega de tan noble y sacrificada profesión.

Un especial agradecimiento a mi madre Mery Chirca, por su incondicional apoyo en la consecución de mi grado de Magíster.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática	1
1.2 Formulación del Problema	1
1.2.1 General.....	1
1.2.2 Específicos.....	2
1.3 Justificación teórica.....	2
1.4 Justificación práctica.....	2
1.5 Objetivos	3
1.5.1 Objetivo General.....	3
1.5.2 Objetivos Específicos.....	3

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco filosófico o epistemológico de la investigación.....	4
2.2 Antecedentes de la investigación.....	4
2.3 Bases Teóricas.....	7
2.3.1 Batolito de la Costa.....	7
2.3.2 Superunidad Santa Rosa.....	9
2.3.3 El oro: características y propiedades.....	10
2.3.4 Ocurrencias del oro, minerales de oro y asociaciones mineralógicas.....	11
2.3.5 Abundancia, termodinámica y transporte.....	13
2.3.6 Correlación del Au con Fe, S y Mo.....	15
2.3.7 Depósitos de Au.....	16
Depósitos Epitermales.....	18
Depósitos de Alta Sulfuración.....	18
Depósitos de Baja Sulfuración.....	19
Depósitos Hotspring.....	19
Depósitos en vetas de Cobre-Oro ricos en sulfuros.....	20
Depósitos en Vetas de Cuarzo asociados a Batolitos.....	21
Cordilleranos.....	21

Vetas hidrotermales de Cuarzo-Oro.....	22
Sistemas de oro relacionados a intrusivos (RIRGS).....	23
2.3.8 Metalurgia del oro.....	23

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación.....	26
3.2 Unidad de análisis.....	26
3.3 Población de estudio y tamaño de la muestra.....	26
3.4 Selección de la muestra.....	27
3.5 Técnicas de recolección de datos.....	27
3.6 Hipótesis general y específico.....	28
3.7 Identificación de variables.....	28
3.8 Operacionalización de las variables.....	28

CAPÍTULO 4: GENERALIDADES GEOLÓGICAS DEL ÁREA

4.1 Ubicación y accesos.....	29
4.2 Geografía regional.....	31
4.2.1 Clima.....	31
4.2.2 Hidrografía.....	31
4.2.3 Suelos.....	32
4.2.4 Geomorfología.....	33
4.3 Estratigrafía.....	34
4.3.1 Generalidades.....	34
4.3.2 Cretáceo inferior.....	34
4.3.2.1 Volcánicos Yangas.....	34
4.3.3 Cretáceo superior.....	34
4.3.3.1 Grupo Casma.....	34
4.3.4 Depósitos cuaternarios.....	34
4.3.4.1 Depósitos fluviales.....	34
4.3.4.2 Depósitos aluviales y aluvionales.....	35
4.4 Petrología y rocas ígneas.....	37
4.4.1 Generalidades.....	37
4.4.2 Superunidad Santa Rosa.....	38

4.4.2.1 Santa Rosa oscuro.....	38
4.4.2.2 Santa Rosa claro.....	38

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

5.1 Geología de la Superunidad Santa Rosa.....	39
5.1.1 Petrología.....	39
5.1.1.1 Generalidades.....	39
5.1.1.2 Andesitas.....	39
5.1.1.3 Dioritas.....	39
5.1.1.4 Tonalitas.....	40
5.1.1.5 Granodioritas.....	41
Muestra N°: J-41.....	42
Descripción microscópica.....	42
5.1.1.6 Pórfido granodiorítico.....	45
Muestra N°: J-16.....	45
Descripción microscópica.....	45
5.1.1.7 Síntesis.....	50
5.1.2 Geología estructural.....	56
5.1.2.1 Generalidades.....	56
5.1.2.2 Sistema de fracturamiento.....	56
5.1.3 Alteración hidrotermal.....	56
5.1.3.1 Silicificación.....	56
5.1.3.2 Argílica.....	57
5.1.3.3 Propilítica.....	57
5.1.4 Mineralización.....	57
5.1.4.1 Generalidades.....	57
5.1.4.2 Asociaciones mineralógicas.....	59
5.1.4.3 Ocurrencias del oro.....	60
Ocurrencia del oro en óxidos.....	60
Ocurrencia del oro en sulfuros.....	66
Ocurrencia del oro en material molido.....	69
Ocurrencia del oro en material tratado.....	71

5.1.4.4	Valores económicos del oro.....	74
5.2	Relación de la mineralización con la litología, estructuras y alteración	
5.2.1	Relación de la mineralización con la litología.....	87
5.2.2	Relación de la mineralización con el sistema estructural.....	87
5.2.3	Relación de la mineralización con la alteración hidrotermal.....	87
5.3	Discusión de modelo de depósito de oro del área de Chosica.....	87
5.3.1	Estructura.....	87
5.3.2	Alteración.....	88
5.3.3	Mineralización.....	88
5.3.4	Ambiente estructural.....	88
5.3.5	Tamaño.....	88
5.3.6	Síntesis.....	88
5.4	Comparación del depósito aurífero de Chosica con similares en el Perú y el mundo.....	89
5.4.1	Marco geológico de depósitos hidrotermales.....	89
5.4.1.1	Marco litológico.....	89
5.4.1.2	Marco estructural.....	89
5.4.2	Modelos de depósitos comparables.....	90
5.4.3	Síntesis.....	91

CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN

6.1	Análisis, interpretación y discusión de resultados.....	92
6.2	Prueba de hipótesis.....	92
6.3	Presentación de resultados.....	94
CONCLUSIONES.....		95
RECOMENDACIONES.....		98
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		99

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1	Accesos a la ciudad de Chosica.....	29
Cuadro 2	Distribución volumétrica porcentual de la muestra J-41.....	44
Cuadro 3	Distribución volumétrica porcentual de la muestra J-16.....	47
Cuadro 4	Composición mineralógica de minerales portadores Au.....	65
Cuadro 5	Distribución volumétrica porcentual de la muestra M-2.....	66
Cuadro 6	Porcentaje volumétrico y en peso de la muestra M-3.....	70
Cuadro 7	Distribución volumétrico y % en peso de la muestra M-4.....	73
Cuadro 8	Descripción de vetas.....	76
Cuadro 9	Informe de ensayo; elemento Au y otros.....	83
Cuadro 10	Informe de ensayo; elemento Mo y otros.....	84
Cuadro 11	Informe de ensayo; elemento W y otros.....	85
Cuadro 12	Informe de ensayo; elemento Au en óxidos.....	86

LISTA DE FIGURAS

Figura. 1	Plano de ubicación del área de trabajo	30
Figura. 2	Sección de la quebrada Quirio	32
Figura. 3	Morfología de Chosica	33
Figura. 4	Columna estratigráfica de la zona	35
Figura. 5	Plano geológico del área de estudio	36
Figura. 6	Mapa de las unidades del Batolito de la Costa	37
Figura. 7	Fotomicrografía de la muestra J-41	45
Figura. 8	Fotomicrografía de la muestra J-16	48
Figura. 9	Fotomicrografía de la muestra J-16	49
Figura. 10	Fotomicrografía de la muestra J-16	49
Figura. 11	Columna estratigráfica modificada por el autor	51
Figura. 12	Plano de la geología local modificada por el autor	53
Figura. 13	Sección litológica: zona San Antonio	54
Figura. 14	Sección litológica: zona La Cantuta-9 de Octubre	55
Figura. 15	Labores mineras artesanales	58
Figura. 16	Labor minera artesanal	58
Figura. 17	Sistema de vetas	59
Figura. 18	M-1, Muestra con óxidos	61
Figura. 19	Fotomicrografía de la muestra M-1	62
Figura. 20	Espectro de Iodargirita	63
Figura. 21	Espectro de Calcopirita	64
Figura. 22	Espectro de Coovelita	64
Figura. 23	Espectro de goethita	65
Figura. 24	Fotomicrografía de la muestra M-2	68
Figura. 25	Fotomicrografía de la muestra M-2	68
Figura. 26	Fotomicrografía de la muestra M-2	69
Figura. 27	Fotomicrografía de la muestra M-3	70
Figura. 28	Fotomicrografía de la muestra M-3	71

Figura. 29	Fotomicrografía de la muestra M-3	71
Figura. 30	Fotomicrografía de la muestra M-4	73
Figura. 31	Fotomicrografía de la muestra M-4	74
Figura. 32	Fotomicrografía de la muestra M-4	74
Figura. 33	Plano de vetas: zona San Antonio	78
Figura. 34	Plano de vetas: zona La Cantuta-9 de Octubre	79
Figura. 35	Secciones de vetas: zona San Antonio	80
Figura. 36	Secciones de vetas: zona La Cantuta-9 de Octubre	81

RESUMEN

La zona de estudio abarcó todo el distrito de Lurigancho-Chosica y de lo mapeado se deduce que más del 70% de rocas pertenecen a la Superunidad Santa Rosa de edad Cretácico superior (75-90 ma), diferenciándose la Superunidad Santa Rosa oscuro compuesto de dioritas-tonalitas y la Superunidad Santa Rosa claro de tonalitas-granodioritas.

Las fracturas tienen un patrón general de dirección andina (NO-SE), donde la mineralización de oro y cobre se ha depositado. La mineralización se concentra en dos zonas; la primera La Cantuta-9 de Octubre; que es más aurífera que cuprífera y la otra San Antonio-Carossio; que es más cuprífera que aurífera. Esta mineralización se presenta en vetas de cuarzo-óxidos. Existe minería informal en el sector La Cantuta-9 de Octubre, que explota oro en óxidos, realizando socavones y procesando el mineral en la quebrada de California en quimbaletes.

Los trabajos de campo abarcaron todo el distrito de Lurigancho-Chosica, llevando a cabo un mapeo geológico que contempló la toma de datos de las estructuras mineralizadas. Se describieron los tipos de rocas del área, recolectando muestras de mano y seleccionando algunas para un estudio petrográfico, la evaluación de las alteraciones hidrotermales fue muy importante para determinar si estas se hallan focalizadas a las estructuras o si es un comportamiento regional. Se dio énfasis a la mineralización y sus asociaciones, que nos sirvió para la recolección de muestras que posteriormente fueron seleccionadas, para un estudio mineragráfico.

El estudio nos sirvió para determinar el comportamiento del oro en las estructuras mineralizadas de la Superunidad Santa Rosa; sector Chosica, que se halla a nivel submicroscópico y para ubicar dichas estructuras en un modelo de depósito (Depósito hidrotermal asociado a intrusivos). El análisis químico de las muestras arroja un alto contenido de oro por zonas, siendo la más alentadora la zona de La Cantuta-9 de Octubre.

ABSTRACT

The study area covered the entire district of Lurigancho-Chosica and the mapped area consists of more than 70% of rocks corresponding to the Santa Rosa Superunit aged in late Cretaceous (75-90 Ma). Santa Rosa is mafic and it is composed of diorite-tonalite, while the Santa Rosa is felsic, composed of tonalite-granodiorite.

Fractures have a general pattern of direction of the Andes (NW-SE), where the mineralization of gold and copper has been deposited. The mineralization is concentrated in two zones: the first; La Cantuta-9 de Octubre; being gold more abundant than copper and the other San Antonio-Carossio; being copper more abundant than gold. This mineralization occurs in quartz-oxide veins. There are informal mining in the La Cantuta-9 de Octubre sector, which exploit gold as oxides, performing undergrounds works and processing the ore in the California stream by using “quimbaletes”.

Fieldwork covered the entire district of Lurigancho-Chosica, carrying out a geological mapping that included data collection of mineralized structures. The types of rocks of the area were described, collecting samples of hand and selecting some for a petrographic study, the evaluation of the hydrothermal alterations was very important to determine if they are focused to the structures or if it is a regional behavior. Emphasis was placed on mineralization and its associations, which served to collect samples that were subsequently selected, for a mineragraphy study, this study contemplated in reflected light and in electronic sweep.

The study allow us to understand the behavior of gold in the mineralized structures of the Santa Rosa Superunit; Chosica sector, which is see at submicroscopic level. And locate those structures in a deposit model. The chemical analysis of the samples shows a high content of gold by zones, being the most encouraging area of La Cantuta-9 de Octubre.

CAPÍTULO 1: INTRODUCCIÓN

1.1 Situación Problemática

La Superunidad Santa Rosa (sector Chosica-Lima), hospeda estructuras mineralizadas de oro, cuyo comportamiento dependerá en gran medida de: i) la roca huésped; ii) la asociación mineralógica; iii) la alteración hidrotermal; iv) estructural; v) el tipo de estructura mineralizante y más aún, cómo este elemento se halla en estas estructuras mineralizadas.

De lo expuesto y de la información bibliográfica con que se ha consultado, donde no se menciona la existencia de depósitos auríferos en la zona de Chosica, salvo un trabajo inédito de campo, surge la necesidad de explorar en búsqueda de estructuras mineralizadas de oro, que según los resultados de estudios se puedan categorizar como depósito mineral. Y el interés superior por investigar a profundidad el comportamiento de la mineralización de oro que podría tener en las rocas de la Superunidad Santa Rosa (sector Chosica-Lima).

Todo ello permitirá aportar a la construcción del conocimiento geológico sobre el comportamiento de la mineralización del oro en este tipo de roca, el tipo de depósito si es que se le categoriza como tal para compararlo con otros modelos de depósitos auríferos del Perú y el mundo y el potencial aurífero existente en la zona de Chosica.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 General

¿Cómo se relaciona el comportamiento de la mineralización de oro en el Batolito de la Costa, Superunidad Santa Rosa (sector Chosica-Lima), al tipo de textura, ensamble mineralógico y la alteración hidrotermal?

1.2.2 Específicos

¿Cómo será la textura y mineralogía que tienen las rocas pertenecientes al Batolito de la Costa, Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima?

¿Cuáles serán los tipos de alteración hidrotermal en rocas pertenecientes al Batolito de la costa, Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima.

¿Qué resultados obtenemos al integrar los diversos datos geológicos para el entendimiento del emplazamiento de las vetas de Au en el Batolito de la Costa, Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima?

1.3 Justificación teórica

En la Superunidad Santa Rosa, Segmento Lima (distrito de Chosica), del Batolito de la Costa no se tiene referencias bibliográficas escritas sobre la mineralización del oro, salvo un trabajo inédito de unas concesiones en el sector San Antonio.

Los estudios sobre el comportamiento de las vetas auríferas son conocidas en múltiples investigaciones sin embargo estas requieren una caracterización puntual y detallada para aplicarlas en exploraciones futuras, más aun si se tratan en esta parte del Batolito.

Carlotto et al., (2009), menciona que la mineralización de Au-Pb-Zn-Cu, ha sido considerada siempre como típica del Batolito de la Costa. Se considera importante para la realización del trabajo.

1.4 Justificación práctica

Existe una gran demanda mundial de minerales y el oro no está exento de ello, dicha demanda generalmente está en proporción directa a su población.

Este tipo de depósitos tienen trascendencia económica regional y local no solo por el financiamiento que requiere sino también porque genera clúster en torno a la comunidad donde se asienta, además del movimiento económico. También debemos recordar los impuestos y el

canon minero, que beneficiará a los gobiernos locales, regionales y el estado.

Existe una trascendencia económica mundial de este tipo de yacimientos y en el Perú gran parte de la minería informal se da en este tipo de depósitos, generando expectativas en la investigación con la finalidad de aplicar estos nuevos conocimientos para nuevos descubrimientos en la Superunidad Santa Rosa, que aflora en muchos lugares del batolito.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

Determinar el comportamiento de la mineralización del oro, en rocas pertenecientes al Batolito de la costa, Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima.

1.5.2 Objetivos Específicos

Determinar la textura y mineralogía que tienen las rocas pertenecientes al Batolito de la costa, Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima.

Determinar la alteración hidrotermal en rocas pertenecientes al Batolito de la costa, Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima.

Determinar el emplazamiento de vetas, leyes mediante análisis químico y ocurrencias del oro en este tipo de rocas al integrar estos datos.

CAPÍTULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco filosófico o epistemológico de la investigación

A través de la historia de la humanidad se han producido numerosos hechos que nos han impactado y nos siguen impactando. Hechos relacionados a procesos o fenómenos naturales que con total curiosidad el hombre lo vivió y lo vive, tratando de explicarlos. Fueron estos hechos que más tarde darían pie al surgimiento de las ciencias como tal. Los filósofos de la antigüedad fueron los primeros en tratar de explicar estos fenómenos y/o procesos, como los de Aristóteles (384-322 a.C.), Anaxágoras (500-428 a.C.), entre otros, que sembraron la primera semilla de lo que es la Geología. Vemos entonces la estrecha relación inicial de la Filosofía y la Geología que Álvarez (2004), escribe la Filosofía de las Ciencias de la Tierra, donde califica de modesta esta dualidad a pesar de que en los siglos XVIII y XIX, la geología fue un gran tema de discusión.

Muchos estudiosos realizaron trabajos en las Ciencias de la Tierra que es la base de la Geología actual como la conocemos así como muchas teorías se enunciaron para explicar el proceso de formación de la tierra. Dentro de ellas considero que el Diastrofismo explica los procesos tectónicos que generan los plegamientos y fracturas de las rocas de nuestra corteza terrestre. Son esos movimientos los que han hecho posible el levantamiento de los Andes peruanos, sobre todo el sector de estudio que fue una intrusión del Batolito de la Costa con su levantamiento y su erosión posterior como lo vemos en la actualidad. Es precisamente en esas rocas del Batolito que se ha producido mineralización, que da pie a que se investigue los procesos que llevaron a la formación y su comportamiento dentro de todo el sistema, además de poder enmarcarlo dentro de un tipo de yacimiento, comparándolo con yacimientos similares en el Perú y el mundo.

2.2 Antecedentes de la investigación

A la actualidad no existen estudios específicos sobre el tema de estudio (salvo un trabajo inédito muy superficial que lo mencionaremos), solo se han hecho a nivel regional siendo de

naturaleza variada que serán tomados en cuenta para la presente investigación.

- Existe un reporte de campo superficial de la Sociedad S.C.R. Ltda. que realizó trabajos de campo en sus concesiones en San Antonio de Chosica, en donde menciona la existencia de minerales como; Cu, Au, etc. y que el tipo de yacimiento es hidrotermal perteneciente al Batolito de la Costa del Cretáceo superior al Terciario inferior con predominio de tonalitas, granodioritas y dioritas, además que su mineralización se da en vetas, pipes, mantos, diseminados, stock work y también como rellenos. (Proyecto San Antonio de Chosica, 2011).
- Según Miranda (1991), el Batolito de la Costa está siendo estudiado desde hace más de 20 años, siendo su edad de 100 a 50 Ma aproximadamente es decir que su edad es Cretáceo a Terciario inferior y que en general los tipos de roca presentes son; dioritas, tonalitas, granodioritas, aplitas, que han sido erosionadas y cubiertas por rocas sedimentarias como la Formación Moquegua en el Sur. Y que al parecer este Batolito podría albergar depósitos en nuestra área de trabajo, siendo nula su presencia en las formaciones volcánicas (Fm. Yangas y Casma).
- Para Núñez, Condori y Linares (1994), la mineralización cupro aurífera en el Batolito de la Costa Segmento Nazca-Ocoña ha sido explotada desde el siglo XVII, ubicándose hasta 70 depósitos de oro de tipo filoneanos de origen hidrotermal. La mineralización se encuentra encajada en todos los tipos de rocas como filones y vetas y stock work, mencionan además que el oro se encuentra como electrum y como oro libre en microfracturas en piritas y arsenopirita, también se reporta el electrum encapsulado en el cuarzo. En tanto como alteración se tiene a la sericitización, carbonatación, cloritización, agilización piritización. Genéticamente estos depósitos auríferos se clasifican como vetas hidrotermales de cuarzo-oro, donde el principal mineral es el cuarzo seguida de la pirita, la arsenopirita y después el oro nativo, siendo el origen de las soluciones

hidrotermales auríferas provenientes de fuentes magmáticas calcoalcalinas.

- En 2010, Santos quién realizó trabajos en la mina Orión (Segmento Nazca-Ocoña); menciona que las estructuras mineralizadas se hallan emplazadas en los intrusivos de diorita – tonalita ricos en biotita. La alteración hidrotermal, se manifiesta en un ensamble de cuarzo sericita intenso en las estructuras y en las cajas adyacentes como sericitización-caolín-cloritización, seguida por una propilitización marginal. Se han determinado cuatro fases de deformación en la mina Orión que están relacionadas a procesos tectónicos desde la orogenia Mochica y todo el ciclo andino.

La mineralización primaria compuesta por pirita, pirrotita, calcopirita, covelita y magnetita con concentraciones de Au, la parte superficial muestra un ensamble de hematita – goethita – jarosita asociada a Au. Con una secuencia paragenética compuesta de: Oro nativo-Hematita-Pirita-Calcopirita-Covelita-Hematita II-Cuarzo I- Cuarzo II-Calcita-Sericita-Caolín, (Santos, 2009).

Existe una relación de esta mina con nuestra área de trabajo en cuanto a la roca huésped (dioritas y tonalitas), y al ensamble mineralógico compuesto de hematita-goethita-jarosita asociada al oro, existente en nuestra área de trabajo.

- Los trabajos realizados por Loayza, Zárate y Galloso (2008), en el Batolito de la Costa en Arequipa; menciona que estos depósitos se presentan como vetas y ocurren en forma paralela y transversal al Batolito, encontrándose en vetas angostas de poca longitud con pirita, calcopirita y galena, estando clasificados genéticamente como vetas hidrotermales de cuarzo-oro, estas vetas muestran zonas de brecha, milonitas y zonas bandeadas. El Batolito alberga depósitos que se encuentran generalmente en arcos magmáticos y márgenes continentales.
- Palacios, Caldas y Vela (1992), en el Boletín N° 43 de INGEMMET hace una descripción a groso modo del Batolito de la Costa con sus diferentes Superunidades, entre ellos la de Santa Rosa que es de nuestro interés en donde hace hincapié que esta supernunidad se

halla tanto en la localidad de Chosica como en Chancay. No menciona específicamente la ocurrencia de mineralización aurífera en Chosica.

- Gaviño (1967), realiza un estudio de las rocas del Batolito de la Costa en la zona de Lima-Huarochirí que en cierta forma engloba a nuestra área de estudio de la tesis. Sin embargo trata del estudio de los diferentes tipos de rocas emplazadas en este sector describiéndolo minuciosamente pero sin tocar el tema de la mineralización, por lo tanto solo resulta de interés litológico.

2.3 Bases Teóricas

Tratar este tipo de depósito nos lleva al tema geológico y económico en cuanto a su ley, se le considera que es relativamente alta pero en tonelaje bajo generalmente, pero si se halla en un sistema puede incrementar significativamente su tonelaje.

Guardan una relación con los intrusivos de diferentes tipos, tales como: granitos, granodioritas, tonalitas, granitos. En nuestra área de trabajo se observa las estructuras mineralizadas hospedadas en tonalitas, dioritas y granodioritas, que nos sirven de alguna forma como guía. La mineralización ocurre en venillas, vetillas y rellenos de diaclasas en varias formas y densidades.

Este tipo de depósito es el producto de procesos relacionados a intrusiones y diversos sistemas de alteración hidrotermal.

2.3.1 Batolito de la Costa

Es un complejo de muchas unidades de rocas, distribuidos en numerosos plutones separados (Cobbing y Pitcher, 1979). Este cuerpo ígneo tiene una longitud aproximada de 1600 km. y más de 65 km. de ancho (Palacios et al., 1995) abarca la parte costera de los departamentos de Arequipa, Ica y Lima, este Batolito tiene un cuerpo alargado en sentido NNO-SSE, es un cuerpo continuo, siendo afectado por el río Rímac que lo atraviesa en la localidad limeña.

En el Terciario se produce una fuerte actividad ígnea en el Perú, la zona de Chosica no está exento a ello, produciéndose el Batolito de la Costa, que es el resultado de una intensa actividad magmática que tuvo varios pulsos magmáticos por influencia de procesos magmáticos y que están separados por períodos de intensa y menor actividad.

El Batolito de la Costa ha sido extensamente estudiado y relevadas por Cobbing (Abregú, 2012). Pitcher le dio una clasificación y nomenclatura, clasificándolas en unidades de idéntica relación y variación modal y de alguna manera la misma fábrica y textura (Abregú, 2012).

El Batolito está agrupado en Superunidades como por ejemplo el de Santa Rosa, este término se usa para agrupar los plutones del Batolito de la Costa, ya que está compuesto por muchos de ellos, siendo un plutón una unidad. Si seguimos con el ejemplo de la Superunidad Santa Rosa, esta posee varios plutones que tienen una relación con su mineralogía, textura y su composición química.

Posteriormente, Soler (1991) realiza una reinterpretación de esta franja de intrusivos y menciona que ya no debería usarse las unidades y Superunidades del Batolito de la Costa definidas por Pitcher et al. (1985), y propone una subdivisión de episodios de emplazamiento en base a las edades radiocronológicas. (Rodríguez et al., 2011, p. 29).

Sin embargo, se considera para los fines de la tesis adoptar la nomenclatura dada por Pitcher.

El Batolito de la Costa ha sido dividido en tres segmentos conocidos como: Segmento Trujillo; Segmento Lima (donde ocurre la mineralización de nuestro tema de estudio), y el Segmento Sur de Arequipa.

Las rocas más antiguas del batolito son gabros y dioritas, pertenecientes a la Superunidad Patap. Según Palacios et al., (1992), los gabros se emplazaron contemporánea o ligeramente posterior a la

fase compresiva que se asume ocurrió en el Cretáceo terminal. Estas rocas se observan en el lado SO del Club Regatas Lima y al sur de la Universidad La Cantuta.

Desde el punto de vista geológico se le considera desde hace mucho tiempo como un Batolito de edad Terciaria-Cretácea. (Gaviño, 1967).

Según Bellido (1969), las rocas del Batolito se encuentran intruidas por stocks y apófisis, mucho más jóvenes. En campo se observan las intrusiones de diques andesíticos afaníticos (Patiño, 1968), como lo mapeado en la zona de Yanacoto.

2.3.2 Superunidad Santa Rosa

Morfológicamente el complejo aflora como una unidad continua (Cobbing, 1973); Es una enorme intrusión que aflora en el sector central que forma el mayor cuerpo del Batolito, formando el Segmento Lima y por ende está desarrollado completamente en la localidad de Chosica donde se realiza el estudio. Según Valencia y Villarreal (2009), los mayores volúmenes se emplazan en edades de 86 a 70 Ma, lo que coincide con la edad de esta Superunidad. Su emplazamiento es posterior a rocas gabroicas y dioríticas de la Superunidad Patap y Paccho a los que intruye. Los contactos externos del complejo Santa Rosa con las rocas más antiguas son variablemente definidos y casi siempre verticales (Cobbing, 1973).

El complejo puede presentarse en forma limpia o contaminada en los lugares en que intruye al gabro o a la meladiorita (Cobbing 1973), cabe anotar que en los trabajos de campo realizados muchas veces se han encontrado contactos limpios.

Esta Superunidad está constituida por cuerpos de diorita, tonalitas, granodioritas y granitos como lo que se ve en Manchay. Palacios et al (1992), menciona que esta Superunidad ha sido dividido en subunidades por la coloración que presentan de acuerdo sus componentes mineralógicos; cuerpos oscuros (diorita – tonalita) y

cuerpos claros (tonalita – granodioritas), guardando relación química, textural y de emplazamiento.

El emplazamiento de la Superunidad Santa Rosa según Mukasa y Tilton se estima en 75 a 90 millones de años por edades K/Ar y en 82 a 91 millones de años por métodos U/Pb. Sin embargo, el Plutón granodiorítico de Santa Eulalia (cuadrángulo de Chosica) ha sido datado también por Mukasa y Tilton en 62 ± 7 millones de años empleando métodos Rb/Sr; confirmándose este resultado por métodos U/Pb, en 59 millones de años (Pitcher W. et al 1985, citado en Palacios et al., 1992, p.63-64).

Según Rodríguez et al., (2011), la edad de esta Superunidad es de 93-84 Ma.

2.3.3 El oro: características y propiedades

Características

El oro es el metal de mayor importancia del ser humano desde tiempos antiguos, ya que por su naturaleza misma se ha empleado en diferentes actividades y fines. La vida económica está marcada por el patrón oro; Ejemplo: Las reservas de nuestro país (las acumula el BCR). Es un metal de color amarillento característico de allí que se usa como referencia de color.

Propiedades

Físicas: El oro es un metal de color amarillo característico, es dúctil y maleable, cuya dureza es 3, con gravedad específica de 19.3, siendo su símbolo Au, con número atómico 79 y de peso atómico 197.2. Tiene un punto de fusión de 1063°C , con un punto de ebullición de 2970°C , cristalizando en el sistema cúbico.

Químicas: este metal es soluble en soluciones cianuradas (de allí que constituye un método de tratamiento); es fácilmente soluble en agua regia (HNO_3/HCl); se disuelve en ácido clorhídrico en presencia de

sustancias orgánicas, también es disuelto por cloruros férricos y cúpricos.

2.3.4 Ocurrencias del oro, minerales de oro y asociaciones mineralógicas

Ocurrencia del oro

Oro nativo; es el más noble de los metales, no es reactivo y no es afectado por el agua. Cristaliza en una gran variedad de formas, siendo el más común en grupos paralelos, agregados ramificados, también es común reticulados, dendríticos, arborescentes, filiformes (Boyle, 1979). En su ocurrencia común, se presenta asociado a plata, también con cobre, fierro, además de telurios, selenio, bismuto, platino entre otros.

Oro libre; es aquel oro que posee bordes de contacto propio, que no se halla dentro de otro mineral.

Oro encapsulado; aquí si se halla alojado dentro de otro mineral de mayor tamaño.

Minerales de oro y asociaciones mineralógicas

Electrum; El oro generalmente está asociado con otros metales tal es el caso del Electrum, donde se halla más de 20% de plata.

Oro cupriano; la mayoría de las muestras de oro nativo contienen solo trazas a cantidades menores de cobre. Algunas muestras de oro mencionado en la literatura contienen de 0.10 a 20% de cobre (Boyle, 1979).

Maldonita u Oro bismuto; algunas muestras de oro nativo contienen de trazas a cantidades menores de bismuto (más de 3%), posiblemente en solución sólida. Una examinación microscópica de la maldonita de Maldon, Victoria su localidad típica, muestra un intercrecimiento mirmequítico de oro y bismuto (Boyle, 1979).

Aurostibita; ha sido bien reconocido en los depósitos de oro de las áreas de Yellowknife y Larder Lake en Canadá. Está generalmente asociado con el oro en depósitos que contienen estibina y otros minerales de antimonio (Boyle, 1979).

Cabe remarcar que de estas variedades solo se determinó el electrum en nuestra área de trabajo.

Con minerales oxidados; la hematita, jarosita, goethita, entre otros.

Asociado a sulfuros; es común encontrar asociado a piritas, arsenopirita, calcopirita, galena, etc. También lo hallamos asociados a sulfosales como; tetraedrita y pirargirita. También hay en bornita, chalcocita, molibdenita, polibasita, estefanita, estibina y tenantita (Loaiza et al., 2008).

El oro es comúnmente encontrado en pirita y arsenopirita, especialmente en depósitos auríferos, es una característica del elemento que ha sido reconocido por largo tiempo. Los elementos comúnmente asociados en la pirita en ambos huéspedes de rocas y depósitos están la plata, arsénico, antimonio, arsenopirita, plata y antimonio (Boyle, 1979).

Asociados a telururos; tales como: calaverita, silvanita, krennerita, petzita (Loaiza et al., 2008).

El oro es un microconstituyente común en un gran número de sulfuros y sulfuros-arseniuros, concentrándose principalmente en especies como: cobre, plata, antimonio, pirita y arsenopirita. El plomo, sulfuros de zinc y sulfosales normalmente no contienen enriquecimiento de oro, aunque en algunos depósitos la galena y esfalerita son indicadores de altos valores de oro. Si esto ocurre el oro se encuentra principalmente en forma nativa que se produce en estrechas asociaciones con galena y esfalerita y frecuentemente dentro de estos dos sulfuros como pátina y costras (Boyle, 1979).

2.3.5 Abundancia, termodinámica y transporte

Abundancia

Los datos de abundancia de oro en rocas ígneas sugieren escasa correlación, de que cuanto más máfico la roca, más probable es tener un contenido relativamente más alto de oro. Esto, por supuesto implica algún tipo de control mineralógico (por lo tanto; químico) y aumenta la pregunta: ¿Cómo se distribuye el oro en una roca o en sus minerales constituyentes? Desafortunadamente sólo pocos datos cuantitativos pueden ser empleados para intentar responder a esta pregunta y otros relacionados con el modo de ocurrencia del oro en rocas ígneas sin alterar, a nivel de partes por billón (Gottfried et al., 1972).

El oro está distribuido en contenidos bajos y poco variables, en las rocas ígneas y ellos disminuyen en el curso de la diferenciación magmática. Sin embargo este metal es fácilmente lixiviado de las rocas por soluciones hidrotermales. Su destrucción por barreras fisicoquímicas implica la precipitación del oro y posibilita la formación de concentraciones económicas endógenas del metal (Oyarzun, 1984).

Para Oyarzun (1984), la mayor concentración del oro está en rocas ígneas básicas, sin embargo esta concentración puede disminuir durante la diferenciación magmática.

En términos metalogenéticos, podemos considerar a las rocas ígneas como receptáculos de oro, disperso en débiles concentraciones, pero apto para ser removilizado y concentrado por efectos de procesos secundarios. Por su mayor contenido de alterabilidad las rocas básicas aparecen como el material más apto para concentraciones secundarias eficaces (Oyarzun, 1984).

Hay una considerable incertidumbre sobre las tendencias en la concentración de oro en rocas de la secuencia-ultrabásico-básico-intermedio-ácido. Algunos investigadores, entre ellos Shilin y Scherbakov, sostienen que las rocas máficas se enriquecen en oro con respecto a las rocas ácidas. En el centro de Kamchatka, Shilin, por ejemplo, encontró las rocas magmáticas más antiguas de

composición básica, que contienen más oro que las rocas ácidas más jóvenes de la época magmática miocena (Boyle, 1979).

Algo de oro está en forma nativa y como electrum, ambos asociados con platino nativo. Los más grandes contenidos de oro fueron encontrados en capas y zonas de rocas ultrabásicas enriquecidos en sulfuros (pirita, calcopirita y bornita), y caracterizados por el incremento considerable de hornblenda (Boyle, 1979).

Un aspecto muy importante a tener en cuenta es la clasificación geoquímica dada por Goldsmith, quién clasifica a los elementos de la tabla periódica en: siderófilos; calcófilos, litófilos y atmófilos.

En el grupo de los siderófilos se tienen: Au, Cu, Fe; Ir, Mn, Mo, Ni, Os, Pd, Pt, Re, Rh, Ru. Estos elementos no tienen afinidad con el oxígeno, formando enlaces fuertes con el carbono y azufre. Estos elementos forman enlaces metálicos con el hierro.

Termodinámica y transporte

El oro se transporta a una temperatura que va desde 175° a 500°, siendo su presión de transporte, lo que corresponde a una columna de agua a 2,5 km y a 350°C (para depósitos hidrotermales).

Los ligantes que transportan el oro generalmente necesitan un bajo estado de oxidación y en cuanto al rango de salinidad del fluido varía desde menos de 1% hasta un 12%. El pH de los fluidos que los transportan también es bajo. El medio de transporte que utiliza el oro es mediante soluciones complejas disueltas en los fluidos, siendo los principales complejos los sulfurados, pero también están los cianurados y clorurados (Cl⁻, CN⁻, HS⁻), ello es consecuente con la alta afinidad del oro por el cloro y el azufre. En cambio este metal, tiene muy baja afinidad por el flúor y el oxígeno, elementos que los preceden en los respectivos grupos de la Tabla Periódica (Oyarzun, 1984). Siendo el cloro el principal agente oxidante del oro mono o trivalente. En ausencia de iones de sulfuro o en condiciones ácidas u oxidantes, los complejos clorurados son las formas únicas o dominantes del oro en solución. En cambio los complejos sulfurados de oro siguen la suerte de otros complejos similares del mismo anión

(como los de Cu, Fe, etc.) y precipitan al aumentar la acidez de la solución (Oyarzun, 1984).

Resumiendo, observamos que el Au^{+1} se caracteriza por numerosos complejos que son estables en solución acuosa. La mayoría de estos son de carácter mononumérico, siendo ejemplos familiares $[\text{AuCl}_2]^-$, $[\text{Au}(\text{CN})_2]^-$ y $[\text{Au}(\text{S}_2\text{O}_3)]^-$. El compuesto cristalino del tipo $\text{K}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ puede ser obtenido y el ácido $\text{H}[\text{Au}(\text{CN})_2]$ puede ser aislado. También se conocen numerosos complejos de Au^{+1} con azufre sustituido, arsénico y antimonio mezclados. Algunos de estos como $[\text{AuS}]^-$, $[\text{AuS}_2]^{3-}$, $[\text{Au}_2\text{S}_3]^{4-}$, $[\text{AuSb}]^{2-}$ y los complejos tioarsénico y tioantimonito, tipo, $[\text{Au}(\text{AsS}_3)]^{2-}$ y $[\text{Au}(\text{SbS}_3)]^{2-}$, son importantes en el transporte del oro en procesos naturales endogénicos (Boyle, 1979).

El oro tiene una marcada afinidad con los elementos telurio y bismuto y poco con el antimonio. La razón de esto, es obvio por las muchas combinaciones Au-Te, etc. Proporcionan una configuración electrónica particularmente estable. Los átomos de Te, Bi y Sb tienen radios grandes. El oro forma un coloide fácilmente cuando la solución de oro diluido es reducida. El tamaño de la partícula es aparentemente determinada por la concentración, temperatura y pH. Un pH bajo favorece partículas grandes, mientras que un pH alto produce pequeñas partículas (Boyle, 1979).

En nuestra área de trabajo, los diferentes estudios mineragráficos y de electrónica de barrido nos muestra que no se ha encontrado Te y Bi en los minerales de oro como el electrum, determinado en las muestras, esto sin embargo no implica aseverar que no exista estos metales, lo que debería llamarnos a más estudios mineragráficos para determinar dicha afinidad.

Una de las ocurrencias del oro determinado para nuestra área de trabajo es submicroscópico, ello implica que el pH era alto.

2.3.6 Correlación del oro con el hierro, azufre y molibdeno

Correlación del oro con el hierro y el azufre

Existe una correlación definida y constante referida al hierro y al azufre. Considerando al azufre este juega un rol muy importante en el transporte hidrotermal del oro, así como en su precipitación.

Las rocas ígneas ricas en Fe constituyen la fuente más adecuada para la mineralización endógena del metal, no solamente por su alto contenido sino debido a su inestabilidad química, en efecto la fácil alteración de los silicatos ferromagnesianos tempranos, por los procesos supérgenos, hidrotermales o metamórficos de bajo grado, favorece la liberación del oro que contienen (Oyarzun, 1984).

En nuestra área de trabajo se ha determinado dos zonas mineralizadas: La Cantuta-9 de Octubre y Sana Antonio-Carossio. En la primera zona se determina una correlación del hierro y azufre. Esto debido a que se observado un aumento de minerales ferromagnesianos como la biotita y hornblendas en las dioritas y tonalitas.

Correlación del oro con el molibdeno

La conducta endógena del oro con el molibdeno presenta paralelismos como divergencias. Ya que el Mo se concentra en rocas félsicas y alcanza sus valores más elevados en el tipo alcalino. O sea la tendencia del Mo es a concentrarse en el curso de la diferenciación magmática, mientras que el oro se empobrece. Implica que un intrusivo ácido tiene mejores posibilidades como roca fuente de molibdeno que de oro. Sin embargo este mismo cuerpo podría actuar como un eficiente removilizador del oro contenido en rocas volcánicas intruidas (Oyarzun, 1984).

Esta correlación es vista en la zona de San Antonio-Carossio, ya que allí se ha determinado un incremento de los valores de Mo, y en tanto el oro decrece. Las rocas huéspedes son granodioritas, tonalitas y el pórfido granodiorítico.

2.3.7 Depósitos de Au

En el desarrollo de modelos para el origen de los tipos de depósitos de oro, es esencial entender cómo se comporta el metal en el ambiente geoquímico. Esto es cierto especialmente para depósitos de origen hidrotermal debido a la naturaleza compleja del equilibrio solución-mineral para el oro. En depósitos hidrotermales, cuatro factores deben ser considerados en el desarrollo para la comprensión de su origen: (1) naturaleza y fuente de las soluciones mineralizantes;

(2) la fuente del oro; (3) Mecanismos de transporte de oro y (4) mecanismos de deposición de oro. Cada uno de estos factores se considerará, aunque el énfasis recaerá sobre las fuentes de oro y los mecanismos de transporte y deposición porque existe una extensa literatura sobre la naturaleza y fuente de soluciones mineralizantes (Romberger, 1988).

A través del tiempo se ha realizado clasificaciones de estos tipos de depósitos sin embargo existen divergencias entre los autores, sugiriendo teorías que han enriquecido el saber geológico y proporcionan marcos esenciales para el diseño de estrategias de exploración. Existe una amplia diversidad de tipos de yacimientos de oro, por lo que hay una necesidad de resumir dicha información para intentar sintetizar en una clasificación coherente. (Poulsen, K.H., Robert, F., Dubé, B., 2000). Sin embargo sintetizar en un esquema se hace difícil debido a que algunos esquemas están referidos a englobar subconjuntos, superponiendo depósitos con entornos geológicos diferentes (Poulsen, et al., 2000). El punto de partida para cualquier discusión de los depósitos de oro es sin duda, la clasificación genética de Emmons, sobre la base de la más amplia clasificación de los depósitos de mineral por Lindgren. (Poulsen, et al., 2000).

Sin embargo 16 tipos de depósitos están bien establecidos y pueden ser considerados como de potencial importancia en Canadá. (Poulsen, et al., 2000). Entre ellos podemos mencionar: Paleoplacer, Hotspring, Low sulphidation, High sulphidation, Porphyry gold, entre otros. (Poulsen, et al., 2000). Como bien menciona Poulsen son ejemplos de Canadá. Por lo tanto también se precisa desarrollar algunas teorías con ejemplos de nuestro país, que se contrastará con el yacimiento de estudio de la tesis.

Se desarrollarán algunos modelos y teorías de yacimientos de oro, que se ajustan al posible modelo de depósito de estudio de la tesis, que en su momento se discutirá con los modelos aquí expuestos probando la hipótesis y los objetivos.

Depósitos Epitermales

Los depósitos epitermales son importantes fuentes de oro y plata que se forman a profundidades <1.5 Km y $<300^{\circ}$ C, principalmente en sistemas hidrotermales subaéreos. (Simmons, White and Jhon, 2005). Datos de inclusiones fluidas que indican que los minerales epitermales se formaron a temperaturas de $<150^{\circ}$ C a 300° C, para profundidades de superficie de 1 a 2km. (White and Hedenquist, 1995).

Estos depósitos se han subclasificado en epitermales de alta sulfuración y de baja sulfuración, sin embargo tales términos han tenido una larga historia, desde Sillitoe que en 1977, la llama Acid y Alkaline, hasta llegar a Bonham que las llama High sulfur y Low sulfur, para posteriormente Hedenquist y White en 1987 la nombra como High sulfidation y Low sulfidation. (Simmons et al., 2005).

Depósitos de Alta Sulfuración; tiene muchos sinónimos entre las cuales: Alunita-Caolinita, descrita por Bergey y Henley (Simmons et al., 2005). Son depósitos de edad Terciaria a Cuaternaria, cuyo ambiente de depositación es subvolcánico a volcánico en calderas, por ello sus rocas asociados son volcánicas piroclásticas y de flujos como andesita, dacita y sus equivalentes intrusivos. La forma de los depósitos es en vetas en forma subordinada y localmente dominante, en diseminado es común, así como el remplazamiento y los stockwork en menor proporción (White and Hedenquist, 1995). La sílice oquerosa que es un producto de la lixiviación ácida, es la textura que predomina, aparte de las drusas, reemplazos, etc. Siendo la mineralogía de alteración: cuarzo, caolinita, alunita, hematita, arcilla, entre otros, estos como principales y como subordinados están: jarosita, dumortierita, etc. (Camprubí, González, Levresse, Tritlla y Carrillo, 2003). La mineralogía de mena son: pirita, enargita, calcosina, covelina, bornita, oro, Electrum, como los principales y los subordinados son: calcopirita, esfalerita, galena, arsenopirita, entre otros. (Camprubí et al., 2003). La mineralogía de ganga está

compuesto de: cuarzo y pirita. Resulta importante los depósitos asociados tales como los pórfidos de Cu-Mo-Au, epitermales de baja sulfuración, fuentes termales, entre otros. Como ejemplos en Perú tenemos a los siguientes yacimientos: Yanacocha, Pierina, Alto Chicama, entre otros, localizados en Cajamarca.

Depósitos de Baja Sulfuración; llamado también adularia-sericita. (Simmons, 2005). Son vetas de cuarzo, stockworks, que son los que predominan, brechas también son comunes y siendo en menor presentación los diseminados y los de reemplazamiento con oro plata, electrum, pirita, calcopirita, galena, esfalerita y sulfosales en los niveles altos o cerca de la superficie con enargita que es menor (White and Hedenquist, 1995), además podemos encontrar como ganga al cuarzo, calcedonia, calcita, hematita, entre otros. Producidos en sistemas hidrotermales, desde profundidades de 1.5 km, alteración argílica dominante conforme disminuye la temperatura, como minerales de alteración se tiene a la sericita o illita±adularia. (Camprubí et al., 2003). Como marco tectónico podemos mencionar a los arcos de islas, márgenes continentales activos y como edad de mineralización, estos depósitos se formaron en cualquier edad, cabe mencionar que los depósitos terciarios son los más abundantes. Algo muy importante de mencionar es la textura que presenta como: bandeamiento, relleno de espacios abiertos crustificación, drusas, geodas, entre otros. (White and Hedenquist, 1995), no podemos olvidarnos también que a estos depósitos se hallan asociados a epitermales de Au-Ag de alta sulfuración, los de tipo hotspring y que otro más importante yacimiento como los pórfidos de Cu ± Mo ± Au. Se mencionan algunos ejemplos de yacimientos: Mina Paredones (Zn-Pb-Ag); Proyecto Los Pircos (Au-Ag); Proyecto Lucero (Ag-Au), ubicados en Cajamarca.

Depósitos Hotspring; Los depósitos Hotspring fueron descritos por Giles y Nelson en 1982 (Simmons et al., 2005), son un subtipo de depósito epitermal para lo cual hay evidencias geológicas convincentes de una superficie cerca de la superficie original. No hay

un acuerdo general, en cuanto a si estos depósitos realmente deben ser diferenciados de otros depósitos de oro epitermal, en particular los de baja sulfuración del tipo adularia-sericita, pero el hecho de que preservan evidencia de posición de una paleosuperficie es una razón práctica para distinguirlas geológicamente (Poulsen et al., 2000).

Ejemplo como Mc Laughlin en California que consiste de sínter silíceo y geyserita formado en la paleosuperficie, incluyendo subsuelo, brechas tectónicas e hidrotermales en forma de embudo y stockworks de cuarzo, reduciéndose en profundidad dentro de zonas alimentadoras controladas estructuralmente. Estos depósitos ocurren en cinturones máficos subaéreos y centros volcánicos félsicos, también intervienen rocas sedimentarias clásticas relacionadas a eventos de arco. El mineral en este tipo de depósito está hospedada en oquedades y brechas hidrotermales en rocas sedimentarias y volcánicas, así como también en intrusiones porfiríticas subvolcánicas. El mineral se compone de oro a escala de micrones en zonas de silicificación masiva, con menor frecuencia en zonas de sinterización. La alteración consiste de silicificación masiva y adularitización en zonas de brecha, gradando hacia fuera a alteración argílica y argílica avanzada en zonas de vapor caliente (Poulsen et al., 2000). Ejemplos de estos yacimientos son: Mc Laughlin (EEUU); Cherry Hill, Champagne (Nueva Zelanda).

Depósitos en vetas de Cobre-Oro ricos en sulfuros

Estos depósitos consisten de familias de vetas ricos en sulfuros (>20% en volumen de sulfuros), por encima de varios cientos de metros en longitud horizontal, en arcos vulcano-plutónicos y cinturones de roca verde de todas las edades. Como en el caso de Rossland, British Columbia, ello ocurre en fallas y fracturas hospedadas en una amplia variedad de rocas volcánicas e intrusivas; vetas individuales siguen comúnmente diques o sills de diorita o tonalita de composición lamprófira, en algunos casos es un control estructural para sistemas de falla regional. Las vetas consisten de

proporciones variables de pirita, pirrotita, calcopirita y magnetita con cantidades subordinadas de esfalerita y galena, en una ganga de cuarzo y carbonato con pequeñas cantidades de clorita y sericita. La alteración hidrotermal consiste de clorita y sericita, que está generalmente restringida a la cercanía de las vetas (Poulsen et al., 2000). Ejemplos de estos yacimientos son: Rossland; Red Mountain (Canadá).

Depósitos en Vetas de Cuarzo asociados a Batolitos

Consiste de vetas de cuarzo en fallas dúctiles y frágiles adyacente a roca-caja alterada. Estos yacimientos están hospedados tanto por batolitos granitoides como por gneis y esquisto de medio a alto grado: Estos depósitos están controlados por sistemas de fallas regionales y forman distritos extensos que localmente contienen pórfidos así como mineralización epitermal. Las vetas contienen pequeñas cantidades de pirita y menos sulfuros, estibina en algunos casos, en una ganga de cuarzo y poco calcita. Las menas de estos tipos de depósitos contienen casi igual abundancia de oro y plata ($\text{Au: Ag} = 1:5$ a $5:1$), localmente altas concentraciones de cobre y zinc. La alteración hidrotermal consiste de sericitización y cloritización de la roca caja, generalmente dentro de unos pocos metros de la veta (Poulsen et al., 2000). Como ejemplos de estos yacimientos podemos mencionar: Chenoan (Corea); Linglong (China); Charters Towers (Australia).

Considero importante mencionar un tipo de yacimiento descrito por Tumialán, que se presenta en el Batolito de la Costa, en la zona sur del Perú, Tumialán lo nombra Cordillerano aunque por sus características geológicas se enmarcan en uno de los tipos descritos por Poulsen (Vetas de Qz asociados a Batolitos).

Cordilleranos

Muchos de los yacimientos polimetálicos y de metales preciosos en el Perú, ocurren como relleno de vetas y de reemplazamiento, en rocas encajonantes de intrusivos. Estos depósitos representan un gran

aporte económico. A los depósitos filonianos corresponden los yacimientos de oro existentes entre Nazca y Ocoña en el Batolito de la Costa. Estos yacimientos tipo cordillerano están asociados en tiempo y espacio a un intrusivo de composición intermedia. Son de origen hidrotermal cuyas soluciones rellenan fallas-fracturas (Tumialán, 2002). Podemos mencionar como ejemplos: Ocoña; Calpa (Arequipa); Pallarniyoc (Ayacucho).

Como se menciona anteriormente en cuanto a las clasificaciones, existen un sinnúmero de ellos, en los cuales es oportuno mencionar a un tipo de yacimiento.

Vetas hidrotermales de Cuarzo-Oro

Genéticamente estos depósitos auríferos están clasificados como vetas hidrotermales de cuarzo-oro, donde el mineral principal es el cuarzo, luego la piritita y la arsenopiritita acompañados de oro nativo. (Núñez et al., 1994).

La génesis de estos depósitos está relacionada al origen de las soluciones hidrotermales auríferas provenientes principalmente de fuentes magmáticas calcoalcalinas que se originaron de la fusión parcial de la corteza terrestre (magma tipo I) o de basaltos toleíticos provenientes de niveles subcorticales (magma tipo S). El oro nativo y los teluros de oro se depositan en el rango de 320° y 150° y los de cuarzo-oro entre los 200° y los 500° (Núñez et al., 1994).

Como ejemplos podemos mencionar: Convento-Torrecillas; Huayllacha; Ishihuinca; La Eugenia (Arequipa).

Se ha querido terminar los tipos de yacimientos con un tipo que se halla en boga y que se enmarca dentro de una de las clasificadas por Poulsen pero con ciertas particularidades que son descritas a continuación:

Sistemas de oro relacionados a intrusivos (RIRGS)

Resulta interesante lo que se tiene estudiado en materia de estos tipos de depósitos, sin embargo debemos hacer notar que a la actualidad existe una nueva interpretación para este tipo de depósitos que se han venido estudiando en el extranjero para ser más específicos en Canadá.

Uno de los más reconocidos a nivel mundial es Hart que en el 2007, la Yukon Geological Survey publicó su investigación cuyo título es: REDUCED INTRUSION-RELATED GOLD SYSTEMS (RIRGS). Conocido en nuestro medio como: Sistemas o depósitos de oro reducido relacionado a intrusivos.

Estos sistemas de oro sólo se han reconocido como una nueva clase de depósitos desde 1999 y, como tal, están en un estado inicial de estudio, con la recopilación de datos que sigue en rápida evolución, interpretación, y nomenclatura. (Hart, 2007).

Los sistemas de oro relacionados a intrusivos (RIRGS) se caracterizan por una amplia gama de vetas de cuarzo aurífero laminar que se forman preferentemente en la corteza superior de los pequeños plutones, donde forman gran tonelaje, de bajo grado. Los depósitos de Au están caracterizados por un conjunto de metales; Au-Bi-Te-W, tales como los depósitos de Fort Knox y Dublin Gulch. (Hart, 2007). El marco tectónico está caracterizado por una débil extensión post-colisión, con magmas asociados diversos, su profundidad de formación es de 5 a 7 km, con fluidos mineralizantes de baja salinidad ricos en CO₂, (Goldfarb y Hart, 2007, citado en Acosta, 2013). Ejemplos relacionados a estos depósitos en Perú según Acosta (2013): Mina Orión; La Capitana (Arequipa).

2.3.8 Metalurgia del oro

Se tratará solo algunos aspectos resaltantes en el tratamiento del oro para la pequeña minería. En la zona de estudio se halla minería informal a pequeña escala (AAHH Baja California; Chosica), que

realiza el chancado en quimbaletes y su recuperación es por amalgamación.

Para la pequeña y mediana minería, la evaluación de los procesos metalúrgicos es importante porque permitirá mejorar la productividad, ya sea aumentando la recuperación y reduciendo el consumo de reactivos con una tecnología limpia y apropiada (Aramburú et al., 2007). Esto es posible con una buena selección del método de tratamiento metalúrgico, sin embargo ello implica costos y técnica. Se debe tener en consideración, para la elección del método lo siguiente: la naturaleza de los minerales valiosos, el comportamiento de estos minerales frente a los métodos, las reservas de mineral que justifique la elección del método, que será importante en el costo-beneficio (Loaiza et al., 2008).

También interviene el tamaño del grano de oro, existe el oro “grueso” que viene a ser el caso del oro aluvial en forma de pepitas, que no es caso de la zona de estudio. Lo que hay es el oro en óxidos y en cuarzo con sulfuros.

El material (mena y ganga), que sale de mina, es llevado a una cancha para su acumulación y de allí en partes se van colocando en quimbaletes que son accionados por fuerza mecánica (personas), el objetivo es reducir de tamaño al material para ser tratado en el siguiente proceso de amalgamación. La amalgamación es el proceso que emplea el minero artesanal para recuperar metales preciosos. El oro, la plata y algunas de sus combinaciones tienen la propiedad de juntarse con el mercurio (Loaiza et al., 2008).

Los mineros artesanales de la zona de estudio, procesan el mineral directamente en el quimbalete, previamente molido, adicionándole agua y mercurio líquido, produciéndose una mezcla que es desaguada, quedando la amalgama de mercurio con oro, se limpia con tela y luego la amalgama es sopleteado para eliminar el mercurio, obteniéndose el oro refogado que es comercializado.

Sin embargo en este tipo de proceso, existe una pérdida del mineral, debido a lo artesanal del proceso, quiere decir que una buena cantidad de mineral es desperdiciado en los relaves. Como menciona Azañero et al.,(2010); En las diferentes labores mineras del país, los relaves de flotación que tienen contenidos metálicos importantes, no reciben el tratamiento metalúrgico adecuado para poder recuperar los metales valiosos, que todavía lo acompañan, estos materiales ya han pasado por el proceso de reducción de tamaño que es la parte más costosa del beneficio de minerales y para poder procesarlos a veces solo requiere una remolienda y en casos más complicados, preconcentración, oxidación y cianuración para poder extraer exitosamente el metal o metales preciosos.

Como corolario se menciona que este tipo de proceso es más caro, a lo que un minero artesanal o informal no estaría dispuesta a pagar.

CAPÍTULO 3: METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de la investigación

En la investigación se aplicará un diseño no experimental, transversal del tipo exploratorio; porque la mineralización del oro está poco tratado en lo que respecta al Batolito de la Costa, Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima y descriptivo porque se describirá la litología, mineralización, estructuras, ensambles mineralógicos, etc. de un depósito en etapa inicial en la cual se desconoce los patrones que dominan, para ello se usará técnicas de campo, métodos, procedimientos, ensayos.

Muestreo y Control de calidad de las muestras

Se realizará muestreo para dos fines: una para ensaye de rocas que serán para análisis petrográfico, análisis mineragráfico y una segunda para ensaye químico que será el fundamento económico de la tesis. Seleccionaremos muestras para estos ensayos las cuales tendrán contramuestra que será archivada, preservando la integridad de los resultados. Los métodos para el análisis químico serán: IC-EF-01 para el oro (Análisis de oro por Ensayos al Fuego-AAS) y para los otros elementos (Ag, Cu, Pb, W, Zn, entre otros), será IC-VH-17 (Análisis Multielemental por ICP-OES-Digestión Multiácida).

Microscopía de minerales opacos y traslúcidos

Emplearemos técnicas para el reconocimiento de alteraciones hidrotermales, ensambles mineralógicos y de rocas que se tengan dudas de su clasificación. Se harán secciones delgadas y se analizará en luz transmitida. Y para reconocer las características mineralógicas se harán secciones pulidas, analizando en luz reflejada y de barrido electrónico.

3.2 Unidad de análisis

Yacimientos de oro en el Batolito de la Costa, Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima.

3.3 Población de estudio y Tamaño de la muestra

Población de estudio

Yacimientos de oro en el distrito de Chosica-Lima.

Tamaño de la muestra

La población de estudio comprende ochenta y un muestras.

De ese total de muestras se seleccionaron diez muestras para análisis químico y otras seis para análisis petrográfico y mineragráfico, de las muestras restantes sesenta y cinco se estudiaron macroscópicamente.

3.4 Selección de la muestra

La selección de la muestra es No Probabilística intencional o de conveniencia (Hernández, Fernández y Baptista, 2006), en donde se seleccionan intencionadamente los individuos de la población estimando que son representativos de dicha población y que puedan facilitar la información necesaria, esto a juicio o criterio del autor.

3.5 Técnicas de recolección de datos

La investigación será en base a los fenómenos, procesos geológicos producidos en campo, que se recogen como datos plasmados en muestreos, cartografiado geológico, etc. cuyo soporte serán los informes u otro documento disponible referente al área de trabajo, comprendiendo dos etapas.

Como parte de la primera etapa de investigación se realizará una recopilación de antecedentes sobre estudios que se pudieron haber hecho sobre la zona en mención, tales como lo realizado por Palacios et al. (1992), entre otros.

Además de recopilarse información sobre modelos de yacimientos, teorías y nuevas interpretaciones se comparará con nuestro depósito de estudio, de acuerdo a los resultados obtenidos.

Se definió el área de estudio en base a las hojas geológicas a escala a 100 000 publicadas por Ingemmet (1980-2008). Esta área definida comprende todo el distrito de Lurigancho-Chosica.

En una segunda etapa se definió y programó las salidas de campo para la obtención de datos de campo que considerará la elección de zonas sobre la base de información bibliográfica y cartográfica sobre las mejores exposiciones de los afloramientos de la Súper unidad Santa Rosa.

3.6 Hipótesis general y específico

Hipótesis general

Se postula que el comportamiento de la mineralización de oro en el Batolito de la Costa, en la Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima, está relacionado al tipo de textura, ensamble mineralógico y a la alteración hidrotermal.

Hipótesis específico

- Existe una relación del oro en el emplazamiento del Batolito de la Costa, Superunidad Santa Rosa-Segmento Lima con el tipo de textura y ensamble mineralógico.
- La alteración hidrotermal influye en las rocas del Batolito de la costa, Superunidad Santa rosa, Chosica-Lima.
- Los datos geológicos generarán resultados para el entendimiento del emplazamiento de vetas de Au en el Batolito de la costa, Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima.

3.7 Identificación de variables

Variable independiente

El Batolito de la Costa.

Variable dependiente

Emplazamiento del oro.

3.8 Operacionalización de las variables

Variable independiente

El Batolito de la Costa.

Dimensión

Caracteres petrográficos, petrológicos, estructurales y asociaciones.

Indicador

Tipos de rocas, textura, características estructurales.

Variable dependiente

Emplazamiento del oro.

Dimensión

Características mineragráficas.

Indicador

Mineralogía del oro, la ley del oro, asociaciones.

CAPÍTULO 4: GENERALIDADES GEOLÓGICAS DEL ÁREA

4.1 Ubicación y accesos

Ubicación: Políticamente la zona de estudio se encuentra ubicado en el Distrito de Lurigancho-Chosica, situado en el lado Este de la Provincia de Lima y Departamento de Lima a treinta y cuatro (34) Km. de la capital. Los límites del distrito son: por el Norte con el distrito de San Antonio de Chaclla (Cerros de Santa María y Piedra Lagartos); por el Sur con el distrito de Chaclacayo y parte del distrito de Ate Vitarte (Cerros Talcomachay y California); al Este con el distrito de Ricardo Palma (Confluencia de los ríos Santa Eulalia y Rímac); y al Oeste con parte de los distritos de Ate Vitarte y San Juan de Lurigancho. (Figura 1).

Coord. Centrales: E: 315,449; N: 8'680,305 (Ciudad de Chosica)

Se usará el Sistema PSAD 56 para la toma de datos y elaboración de planos.

Accesos: El acceso a la ciudad de Chosica perteneciente al distrito limeño de Lurigancho-Chosica, se realiza por vía terrestre desde la ciudad de Lima, por la vía denominada carretera Central que recorre de forma longitudinal el valle del Rímac y que llega a la ciudad situada en el Km. 34. Se detalla para mejor comprensión el cuadro 1.

Cuadro 1; Accesos a la ciudad de Chosica.

INICIO	DESTINO (Parajes/Quebradas)	DISTANCIA a Carretera Central (Km.)	TIEMPO (Minutos)	TIPO DE VIA
Lima	Chosica, Q° California, Q° Cantuta y Q° La Ronda (Entrada)	32+20	35	Asfaltada y camino de herradura
Lima	Q° San Antonio, Carossio (Entrada)	33 + 200	40	Asfaltada y trocha
Lima	Q° de Quirio (Entrada)	32+50	35	Asfaltada y camino de herradura
Lima	Q° Yanacoto (Entrada)	29+650	28	Asfaltada, trocha y camino de herradura
Lima	Huachipa, Cajamarquilla y Q° Huaycoloro (Entrada)	9+600	15	Asfaltada, trocha y camino de herradura

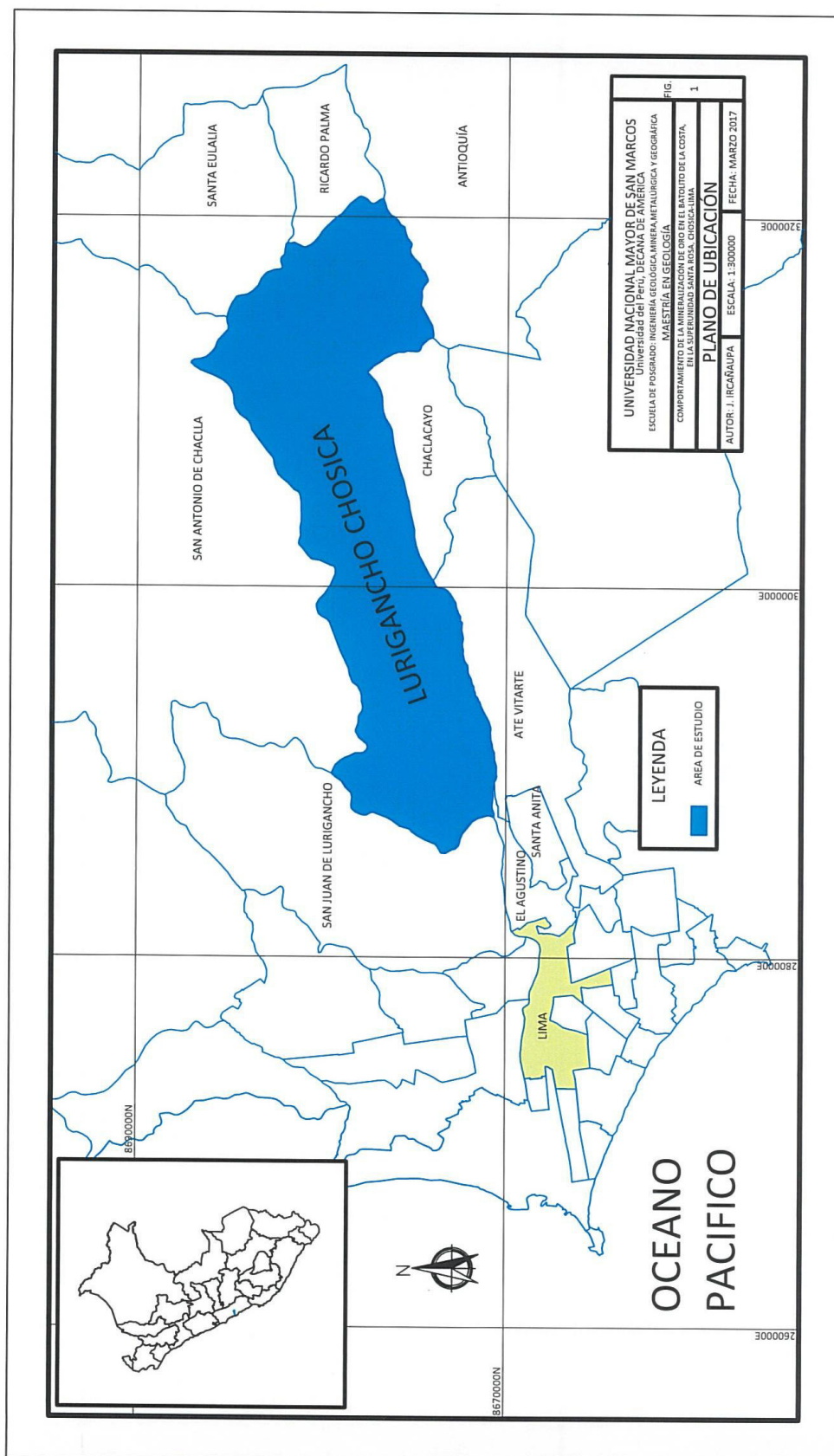


Figura. 1: Plano de ubicación del área de trabajo.

4.2 Geografía regional

Geográficamente se ubica en la parte central de la Costa peruana. De acuerdo a la clasificación del Dr. Javier Pulgar Vidal (1938), la zona de estudio se encuentra en la región Yunga ("valle cálido"), segunda región natural del Perú, ubicada entre los 500 y los 2,300 m.s.n.m. caracterizado por valles fluviales, como el valle formado por el río Rímac que recorre en dirección SO-NE (valle de forma triangular), desde la naciente en el nevado Ticlio. Otras características son las estribaciones andinas; que son unidades litológicas ligeramente elevadas de la costa, ubicadas entre los valles costeros. Aparecen como cadenas sucesivas de cerros que llegan a la costa. Algunas estribaciones llegan al mar, formando acantilados muy abruptos.

4.2.1 Clima

La ciudad de Chosica es catalogada como la "Villa del Sol" por su clima, que ofrece dos estaciones bien marcadas: verano (de abril a Octubre), con sol dominante y una temperatura promedio de 22° y otra estación, invierno (de noviembre a marzo), con ligero frío, llovizna, lluvia y niebla pero siempre con sol radiante durante el día.

En la zona donde se encuentran las estructuras mineralizadas el clima es árido.

4.2.2 Hidrografía

El río Rímac constituye el principal recurso hídrico de la zona de estudio, discurre por el centro de la ciudad de Chosica. Nace en el nevado de Ticlio y se une con el río Santa Eulalia en el límite tripartito (Límite de distritos de Santa Eulalia, Ricardo Palma y Chosica).

Las zonas mineralizadas se encuentran al Norte y al Sur del río, en los flancos de las unidades litológicas cuyos drenajes desembocan en el río Rímac, cabe resaltar que solo en los meses de enero a marzo, muchos de estas quebradas contienen agua, producto de las lluvias, originando en muchos casos los huaycos. La minería informal de la zona, usa este recurso transportándolo en cisternas y bidones.

4.2.3 Suelos

La importancia de los suelos radica en el uso que se le pueda dar. El Instituto Geofísico del Perú (IGP), realizó un estudio interesante en el distrito de Lurigancho-Chosica llamado Zonificación Sísmica-Geotécnica del Área Urbana de Chosica (Comportamiento Dinámico del Suelo, 2012).

Según este estudio se ha identificado siete tipos de suelos en todo el distrito y los lugares donde se hallan: Suelo tipo GW; Suelo tipo GP; Suelo SC-SM, entre otros.

Se debe mencionar que en los lugares donde se ubican las estructuras mineralizadas, el suelo comprende una capa de gravas no consolidadas, subangulosas, mal clasificadas con escasa arena, en tanto en las quebradas es característico suelos de arena, arcilla con gravas y bloques (Figura 2), producto de los huaycos que se suscitan en los meses de enero-marzo. Y en las partes más altas se halla el macizo rocoso.



Figura. 2: Sección en la quebrada Quirio; se aprecia los diferentes materiales acumulados por el huayco (arenas, gravas y arcilla). Tomado en la parte baja de la quebrada.

4.2.4 Geomorfología

Los rasgos geomorfológicos presentes en el área son el resultado del proceso tectónico y plutónico, sobreimpuesto por los procesos de geodinámica externa, que han modelado el rasgo morfoestructural de la región (Palacios, 1992). En efecto un rasgo morfológico muy importante presente en nuestra área de trabajo es el plutonismo evidenciado por el Batolito de la Costa.

El presente trabajo se desarrolló en unidades morfológicas distintas y complejas, siendo gran parte en las cimas de las unidades litológicas o cerros como los de Chosica, Quirio, California, San Antonio, Yanacoto y los de Ñaña, además de los flancos de estos. Estos cerros tienen pendiente empinada, por ello presentan topografía abrupta, siendo sus pendientes mayores a 35° , también se tiene colinas que son en resumen cerros más pequeños que no sobrepasan los 200m. (Figura 3). Otro rasgo importante son las quebradas; La Cantuta, La Ronda y Mariscal Castilla entre las principales, situadas en la margen izquierda del río Rímac y las de San Antonio, Quirio, Pedregal, Carosio, Libertad, Corrales, Yanacoto y Carapongo más al este, en la margen derecha, todos ellos forman un drenaje dendrítico que luego discurre a uno principal en este caso el río Rímac.



Figura. 3: Morfología de Chosica; se observa la pendiente empinada.

4.3 Estratigrafía

4.3.1 Generalidades

Las exploraciones realizadas confirman que en todo el distrito afloran rocas volcánicas e intrusivas de las formaciones Yangas, Grupo Casma y la Superunidad Santa Rosa. No existiendo las formaciones que constituyen la columna basal de Lima.

4.3.2 Cretáceo inferior

4.3.2.1 Formación Yangas; es una serie volcánica-sedimentaria, predominantemente volcánica, cronológicamente equivalente al Grupo Morro Solar y que se destaca al Noreste de Lima en el sector medio a alto del valle Chillón, teniendo su exposición más conspicua en las inmediaciones del pueblo de Yangas (Palacios et al., 1992). Se trata de una secuencia de lavas andesíticas gruesas con limolitas endurecidas, areniscas, entre otros. Su edad es del Jurásico superior-Cretáceo inferior. Los volcánicos Yangas corresponden a la estratigrafía del borde occidental andino (Palacios et al., 1992).

4.3.3 Cretáceo superior

4.3.3.1 Grupo Casma; en la zona costanera se plasma el Grupo Casma, que comprende una secuencia volcánica-sedimentaria, que se halla al norte de Lima, y desarrollado en Ancash. Este Grupo ha sido dividido en dos: una secuencia volcánica-sedimentaria en la base y otra netamente volcánica en la parte superior. La edad probable es del Cretáceo medio a superior (Palacios et al., 1992).

4.3.4 Depósitos cuaternarios

4.3.4.1 Depósitos fluviales; el río Rímac atraviesa la ciudad de Chosica, y se encuentra en los cursos medio y bajo, por ello tiene sus particularidades en cada uno de ellos. En el curso medio aún se encuentra erosionando su base y las paredes del mismo, este material acarrea al curso inferior produciendo una depositación, formado terrazas fluviales. Estas terrazas tienen una combinación de materiales tales como: gravas, arenas, bolones hasta arcillas en un arreglo heterogéneo.

4.3.4.2 Depósitos aluviales y aluvionales; corresponde a las terrazas que se han formado por aluviones o huaycos y a los piedemonte. Los huaycos son avenidas de agua con materiales de diferente granulometría (fina y gruesa), de manera excepcional, ya que solo se presenta en los meses de enero-marzo. Estos huaycos forman terrazas aluvionales en los cauces de las quebradas Quirio, Pedregal, San Antonio, entre otros. Se observa materiales tales como bloques, arenas y arcillas en distribución heterogénea, de diferentes tamaños. Estos huaycos no solo causan daño a los recursos humanos sino también a la infraestructura (puentes, carreteras, casas,). Los piedemonte se generan por la erosión de las rocas, que son de naturaleza intrusiva. Generalmente estas se canalizan por medio de alguna quebrada. Se adjunta la columna estratigráfica (Figura 4) y el plano geológico (Figura 5), para tener claro dichas unidades y su distribución en el área de estudio.

CRONOESTRATIGRAFÍA			LITOESTRATIGRAFÍA				
ERATEMA	SISTEMA SERIE		UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS		ROCAS INTRUSIVAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Dep. aluviales	Qr-al			
		PLEHIS-TOCENO	Dep. aluviales	Qp-al			
			Dep. glaciares	Qp-g			
	TERCIARIO	SUPERIOR	Volc. Huarochiri	Ts-hu	Diorita	Ts-di	
			Volc. Millotingo	Ts-m	Andesita	Ts-a	
		INFERIOR	Volc. Colqui	Ti-co	Riolita	Ts-r	
			Gpo. Rimac	Ti-ri			
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR MEDIO	Volc. Quilmaná	Ti-q			
			INFERIOR	Volc. Huarangal	Km-h		
				Fm. Atocongo	Ki-at		
		Fm. Pamplona		Ki-pa			
		Gpo. Morro Solar	Ki-y				
		Volc. Yangas	Ki-y				
	JURÁSICO			Fm. Arahuy	Ki-ar		
				SUPER UNIDAD		TIPO DE ROCA	
				Santa Rosa	Granitos	Ks-g-sr	
					Tonalita-Granodiorita	Ks-tgd-sr	
					Tonalita-Diorita	Ks-tdi-sr	
				Paccho	Tonalita-Diorita	Ks-tdi-pa	
				Paraíso	Tonalita-Diorita	Ks-tdi-par	
				Patap	Gabro-diorita	Ks-gbdi-pt	
					Dolarita	Km-do	
					Andesita	Ks-a	

Figura. 4: Columna estratigráfica generalizada del área de estudio.

Fuente. Palacios (1992).

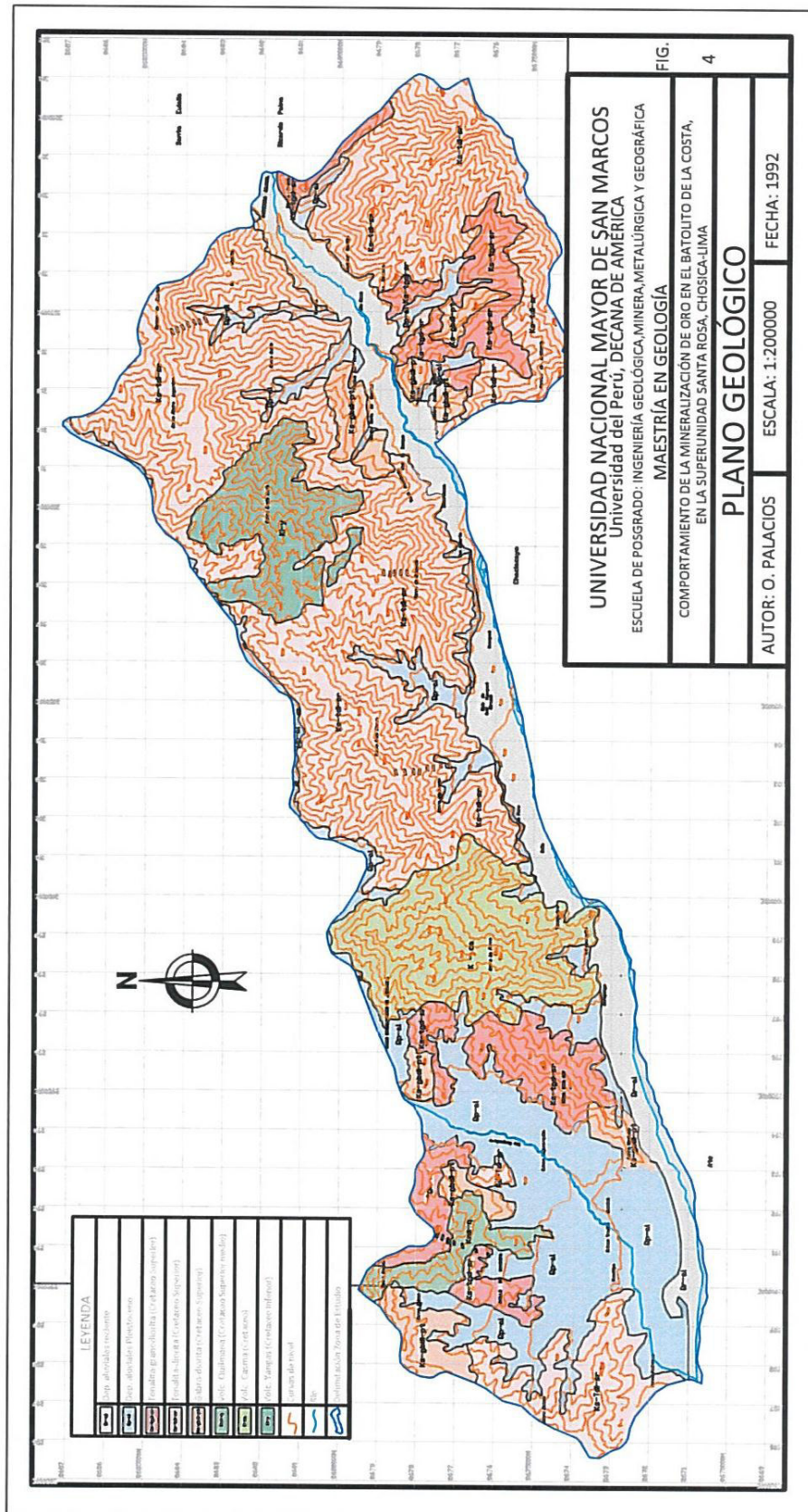


Figura. 5: Plano geológico del área de estudio.

Fuente. Palacios. 1992.

4.4 Petrología y rocas ígneas

4.4.1 Generalidades

Durante la Fase Tectónica de Cretáceo superior-Terciario inferior se acentúa el plegamiento y epirogénesis andina. En este mismo periodo el magmatismo intrusivo y efusivo fue muy intenso en la Cordillera occidental emplazando batolitos y potentes formaciones volcánicas (Palacios et al., 1992). Las exploraciones realizadas en el distrito muestran que las rocas emplazadas pertenecen a la Superunidad Santa Rosa, del Batolito de la Costa (Figura. 6).

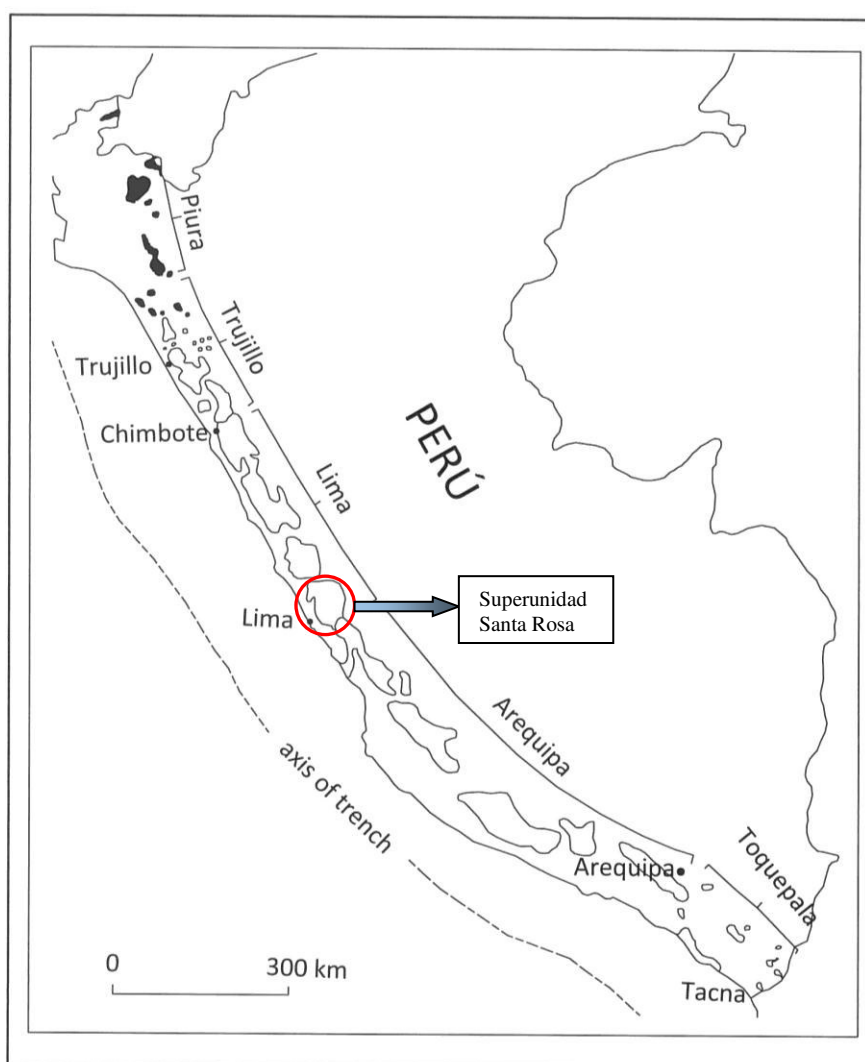


Figura. 6: Mapa de la unidades del Batolito de la Costa.
Fuente. Cobbing, (1979).

4.4.2 Superunidad Santa Rosa

Esta Superunidad aflora en el sector central, que forma el mayor cuerpo del Batolito de la Costa, formando el Segmento Lima. Se encuentra desarrollado completamente en la localidad de Chosica. El complejo puede presentarse en forma limpia o contaminada en los lugares en que intruye al gabro o a la meladiorita (Cobbing 1973). En los trabajos de campo realizados, algunos contactos se hallan en difusos. Su emplazamiento es posterior a rocas gabroicas y dioríticas de la Superunidad Patap y Paccho a los que intruye.

Palacios et al. (1992), menciona que esta Superunidad ha sido dividido en subunidades por la coloración que presentan de acuerdo a sus componentes mineralógicos; cuerpos oscuros (diorita – tonalita) y cuerpos claros (tonalita – granodioritas), guardando relación química, textural y de emplazamiento.

La intrusión de estos plutones es mejor observado en el sector La Cantuta-9 de Octubre, específicamente en la parte alta de la Universidad La Cantuta. Estos cuerpos aparecen como pequeños stocks, sin embargo debemos mencionar que unos pequeños cuerpos de gabrodioritas afloran en las cercanías del Club Regatas Lima (sede La Cantuta-Chosica), y en la parte alta del mismo, que correspondería a la Superunidad Patap, siendo esta más antigua.

4.4.2.1 Tonalita-Diorita (Santa Rosa oscuro); es la parte central de la Superunidad, se encuentra desde Yangas a Chosica. Las rocas son de color oscuro, de textura holocristalina de grano medio variando a grueso, destaca plagioclasas blancas dentro de una masa oscura. Estas tonalitas, aumentan en ferromagnesianos, especialmente los clinopiroxenos pasando a dioritas cuarcíferas (Palacios et al., 1992).

4.4.2.2 Tonalita-Granodiorita (Santa Rosa claro); son rocas que van de tonalitas a granodioritas, se caracterizan por su coloración gris claro. Son de color gris claro, textura equigranular, holocristalina, de grano medio. Las tonalitas por su dureza presentan topografía aguda, con estructuras tabulares debido a diaclasamiento, con rumbo general N-S. Los afloramientos van desde Cieneguilla, Chaclacayo y Chosica (Palacios et al., 1992).

CAPÍTULO 5: RESULTADOS

5.1 Geología de la Superunidad Santa Rosa

5.1.1 Petrología

5.1.1.1 Generalidades; el área se caracteriza por la predominancia de rocas intrusivas de edad Cretácica superior a Terciaria, correspondiente al Batolito de la Costa. Estas han intruido a las formaciones preexistentes tales como: Formación Yangas y el Grupo Casma que son de litología volcánica sedimentaria. En el área de Chosica no se evidencia la presencia de rocas sedimentarias. Las rocas intrusivas que predominan son; andesitas, tonalitas, granodioritas, dioritas entre otras.

5.1.1.2 Andesitas; Estas rocas, presentes en la Formación Yangas, observadas en el cerro Santa María (Oeste de Chosica), donde han sido intruidas por la Superunidad Santa Rosa, cuyos contactos no se observan, quedando como “sombrosos”, en las partes altas de estos cerros. Está compuesta de paquetes de lavas andesíticas, de textura afanítica, de coloración verdosa. El Grupo Casma, presente en los cerros de Ñaña y Carapongo, cuyo afloramiento mapeado se halla cerca de la Universidad Unión, está compuesto de andesitas afaníticas, de coloración verdosa, siendo visible paquetes de flujos lávicos.

Un rasgo muy importante a acotar son los numerosos diques de composición andesítica, que se hallan en casi todo el área estudiada. Estos diques posteriores a la intrusión de la Superunidad Santa Rosa aparecen de forma aislada en algunas zonas como San Antonio-Carossio y la Cantuta-9 de Octubre, en tanto en la zona de Yanacoto-Chacrasana se encuentran en familias de Rumbo NE, con espesores promedio de 5 metros.

5.1.1.3 Dioritas; las dioritas forman parte de la primera Subunidad en que ha sido dividido el Santa Rosa llamándose Cuerpos oscuros. Sus características macroscópicas comprende

principalmente: un color gris con tonalidad verdosa en algunos lugares por la alteración propilítica de sus componentes máficos, posee textura fanerítica, granular, sus granos son visibles de mediano a fina en ocasiones. Predomina la plagioclasa blanca a veces puede verse como si estuviese “sucio”, porque la biotita se oxida y enturbia al mineral, los siguientes minerales en importancia son los ferromagnesianos; tales como la hornblenda. Se ha observado en la quebrada La Cantuta y San Antonio que estos ferromagnesianos predomina a la plagioclasa tornándola oscura, melanócrata, que podría llamarse meladiorita (por la coloración predominante).

Algunas veces se ha observado dioritas de grano grueso como la descrita (J-3), presente en la zona de La Cantuta-9 de Octubre, que tiene como mineral accesorio a hornblendas grandes, abundantes.

Es una de las principales rocas huéspedes de las vetas que contienen minerales económicos, predominantemente en esta zona “La Cantuta-9 de Octubre”, ya que existe un sistema de vetas que fluye al canal de regadío que va hacia los Cóndores.

En tanto en la zona de San Antonio-Carossio, estas rocas se hallan como pequeños stocks o apófisis que muchas veces se hallan indiferenciadas con granodioritas en zonas donde las intruyen. Estas rocas a menudo pasan a ambos márgenes del valle.

En la zona de Yanacoto-Chacrasana, la textura de esta diorita se hace más fina, clasificándola como una microdiorita.

Finalmente es importante anotar que esta diorita en algunas partes de los afloramientos se halla gradando a un gabro, muchas veces indiferenciadas.

5.1.1.4 Tonalitas; estas rocas tienen una coloración más clara variando ligeramente a un gris oscuro. Su composición macroscópica está dado por la plagioclasa blanca en cristales subhedrales, escasos euhedrales y en su mayoría anhedrales, en las cercanías a las vetas estas se hallan alteradas a una débil sericita, el segundo mineral en importancia es el cuarzo hialino,

estos se hallan en forma anhedral, seguido de los minerales ferromagnesianos en escasa cantidad.

Para Gaviño (1967), la composición de esta tonalita es; Plagioclasa: 60%, Cuarzo: 20%, Hornblenda: 13% y Biotita 7%.

La textura de estas rocas es holocristalina, granular, gradando de gruesa a mediana. Se ha observado en la zona de La Cantuta y San Antonio con tonos más claros (leucócrata). Y en ciertos lugares con incremento significativo de hornblendas desarrolladas, tornando a un color más oscuro.

5.1.1.5 Granodioritas; las granodioritas forman parte de la segunda Subunidad, al que ha sido dividida al Santa Rosa. A esta Subunidad se le llama Cuerpos claros, que está constituido por: granodioritas y tonalitas. Son de color gris claro, en algunos lugares, como en la quebrada de La Cantuta, aumenta la cantidad de ortosa tornando un tinte rosáceo.

Su textura es característica equigranular, holocristalina, de grano medio, salvo en lugares muy puntuales en donde, los granos aumentan su tamaño, o disminuyen, constituyendo una microgranodiorita.

También se ha observado xenolitos escasos de color gris, cuya composición es similar a la granodiorita englobante, salvo que este xenolito tiene una textura más gruesa.

Un rasgo observado son las venillas y rosetas de hornblenda que se hallan en las rocas, dando una apariencia de globos negros, ello se observó en los cerros de Quirio y San Antonio.

Se recolectaron 72 muestras de rocas con fines de estudio macroscópico, de ellos se clasificaron varios para estudios petrológicos en secciones delgadas, siendo una de ellas muy importante, que el autor presenta el estudio completo a continuación.

Muestra N°: J-41**Descripción microscópica****Minerales Esenciales:**

Plagioclasa; Agregados tabulares de plagioclasas se encuentran fuertemente entrelazados, presentan granulometría seriada, variando desde 0,900 hasta 4,20 mm de longitud, presentan zonación y maclas que van desde polisintéticas, maclas de Carlsbad, maclas combinadas y hasta maclas complejas; sus formas varían de subhedrales a anhedrales; algunas plagioclasas presentan incipiente alteración a arcillas y a sericitas.

Ortosa; Con formas anhedrales se encuentran ubicadas en los intersticios de las plagioclasas, a las cuales las han reemplazado en grado moderado; presentan incipiente alteración a arcillas, sus tamaños son hasta de 1,65 mm de longitud.

Cuarzo; Como agregados granulares están ubicados en los intersticios de las plagioclasas y ortosas, a las cuales los han reemplazado de grado moderado a fuerte, sus formas son anhedrales y sus tamaños son hasta de 1,58 mm de longitud.

Minerales Accesorios:

Piroxeno; Remanentes de este mineral se encuentran dentro de las hornblendas, como pequeños núcleos, por lo que sus formas son anhedrales y sus tamaños son hasta de 1,28 mm de longitud.

Hornblenda; Se encuentra asociada al piroxeno del cual se ha originado por transformación, notándose que está en forma de corona alrededor del piroxeno; se nota que están reemplazadas por las plagioclasas y por las ortosas, pero también hay hornblendas que han reemplazado a las plagioclasas, por lo que este mineral están dentro de ella; sus formas varían de subhedrales a anhedrales y sus tamaños son hasta de 1,95 mm de longitud.

Biotita; Con hábito tabular están dentro de los intersticios de las plagioclasas, mayormente asociadas a hornblendas, a las cuales han reemplazado; sus tamaños son hasta de 2,25 mm de longitud.

Esfena; Remanentes de este mineral se encuentran asociadas a los minerales ferromagnesianos, aparentemente reemplazados por

estos minerales; presentan formas anhedrales y sus tamaños son hasta de 0,270 mm de longitud.

Apatito; Cristales euhedrales con tamaños hasta de 0,90 mm de longitud están incluidos en las plagioclasas, cuarzo y algunos minerales ferromagnesianos.

Zircón; Además de estar incluidos en las biotitas, se encuentran también incluidos en las plagioclasas, cuarzo y ortosas, pero con distribución espacial muy dispersos; sus formas son euhedrales y sus tamaños son hasta de 0,100 mm de longitud.

Minerales de Alteración:

Sericita; Se muestran como alteración de algunos cristales de plagioclasa, motivo por lo que parte de la superficie de éstas se hallan cubiertas por agregados microescamosos de sericitas.

Arcilla; Como agregados pulverulentos están cubriendo las superficies de las plagioclasas y de las ortosas, de las cuales se han originado por alteración, dando lugar a que las superficies de estos minerales sean observadas parcialmente enturbiadas.

Clorita; Es el producto de la alteración de las biotitas, lo que ocurre a partir de sus bordes y de sus clivajes.

Minerales Opacos

Están diseminados, asociados a los minerales ferromagnesianos a los cuales los han reemplazado, sus formas varían de subhedrales a anhedrales y sus tamaños son hasta de 0,900 mm de longitud; en algunos sectores están aglomerados. No se ha detectado la presencia de oro, solo pirita.

La distribución volumétrica porcentual se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2; Distribución volumétrica % de la muestra J-41

MINERALES	% PRIMARIOS	% SECUNDARIOS
Esenciales:		
Plagioclasa	42,95	
Ortosa	15,00	
Cuarzo	16,00	
Accesorios:		
Piroxeno	0,50	
Hornblenda	15,00	
Biotita	5,00	
Esfena	Trz	
Apatito	Trz	
Zircón	Trz	
De Alteración:		
Clorita		0,50
Sericita		0,05
Arcilla		2,00
Opacos	3,00	
TOTAL	100,00	

TEXTURA

Holocristalina, hipidiomórfica granular.

ALTERACIÓN

Propilitización incipiente.

CLASIFICACIÓN

Granodiorita

OBSERVACIONES

En esta muestra se observa con gran nitidez la evolución magmática, variando desde los piroxenos, pasando por la hornblenda hasta la biotita, los cuales están con cristalización secuenciada.

En la *Figura 7* se observa un cristal de piroxeno como núcleo de la evolución magmática, está rodeada por la corona de hornblenda, muestran reemplazamiento por la ortosa (ort), por el cuarzo (cz) y por la plagioclasa (pl); el cuarzo (cz) se nota que está dentro de los intersticios. 40X.

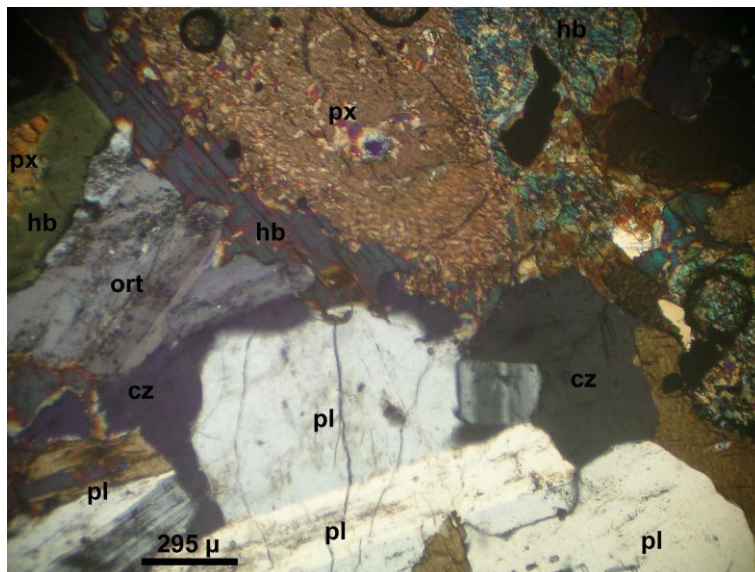


Figura. 7: Fotomicrografía de la muestra J-41

5.1.1.6 Pórfido granodiorítico; esta roca hipoabisal que no se menciona en la bibliografía referente al distrito de Chosica, ha sido observada en el sector San Antonio-Carossio y en La Cantuta- 9 de Octubre, afloran como pequeños stocks intruyendo a las granodioritas, dioritas y tonalitas del sector. El autor postula que es el último evento antes del emplazamiento de los diques andesíticos que se tiene en el área y que en algunas ocasiones aparecen como enjambres o familias de diques. Sus contactos son “limpios” o parcialmente alterados, dando en ocasiones en los contactos rocas híbridas.

Su textura es característica porfirítica en una matriz granular gruesa, su coloración es blanca con tonalidad rosácea.

MUESTRA N°: J-16

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Minerales Esenciales:

Plagioclasa; Cristales con hábito tabular están fuertemente entrelazados, sus formas varían de subhedrales a anhedrales y con tamaños hasta de 3,13 mm de longitud, notándose una textura de tipo homogénea, es decir casi sacaroidea. La mayoría de las

plagioclasas presentan alteración a sericita y a arcillas, motivo por lo que en muy pocos cristales de plagioclasa se presentan las maclas, sobre todo las de tipo polisintéticas.

Sanidina; Cristales tabulares con maclas de tipo Carlsbad, tienen formas que varían de euhedrales a subhedrales y con tamaños hasta de 1,25 mm de longitud; han reemplazado parcialmente a las plagioclasas.

Adularia; Este mineral se manifiesta con formas que varían de euhedrales a subhedrales, con tamaños hasta de 1,25 mm de longitud, muestran cierto reemplazamiento hacia la plagioclasa, lo que ocurre a partir de sus bordes, ya que la adularia está dentro de los intersticios de las plagioclasas.

Cuarzo; Agregados granulares de cuarzo están ubicados en los intersticios de los feldespatos, por lo que sus formas son anhedrales y sus tamaños son hasta de 1,65 mm de longitud; en algunos sectores están aglomerados, en otros se observa que han reemplazado a las plagioclasas y sanidinas en grado moderado.

Minerales Accesorios:

Biotita; Como remanentes están ubicados en los intersticios de las plagioclasas y sanidinas, a los cuales los han reemplazado moderadamente; sus formas son anhedrales y sus tamaños son hasta de 0,675 mm de longitud.

Titanita; Cristales anhedrales de este mineral se encuentran fuertemente reemplazados por la plagioclasa, por la sanidina y por adularia; sus tamaños son hasta de 1,15 mm de longitud. Algunas se hallan asociadas a las cloritas, las que también las han reemplazado.

Zircón; Mineral euhedral se encuentra incluido en el cuarzo, su tamaño es de 0,036 mm de longitud.

Apatito; Al igual que el zircón se manifiesta con forma euhedral, se encuentra incluidos en algunas plagioclasas y cuarzoes, tienen tamaños hasta de 0,024 mm de longitud.

Minerales de Alteración:

Sericita; Agregados microescamosos de sericita están dentro de las superficies de las plagioclasas, originado por alteración.

Clorita; Con hábito fibroso tabular, se hallan ubicadas en los intersticios de las plagioclasas, cuarzo, adularia y sanidina; es el producto de la alteración de las biotitas.

Arcilla; En hábito pulverulento, ocupa la superficie de la plagioclasa, de las cuales se han originado por alteración y por ello la superficie de las plagioclasa se hallan parcialmente enturbiadas.

Minerales Opacos; Están incluidos en los cuarzos y plagioclasas, presentan formas que varían de euhedrales a anhedrales y sus tamaños son hasta de 0,325 mm de longitud. El estudio realizado es petrográfico donde no se ha determinado el tipo de minerales opacos visto.

Estos minerales tienen relevancia por la distribución en que se hallan, además por los minerales de alteración. (Cuadro 3).

Cuadro 3; Distribución volumétrica % de la muestra J-16

MINERALES	% PRIMARIOS	% SECUNDARIOS
Esenciales:		
Plagioclasa	57,49	
Cuarzo	25,00	
Sanidina	10,00	
Adularia	5,00	
Accesorios:		
Biotita	Trz	
Zircón	Trz	
Apatito	Trz	
De Alteración:		
Sericita		1,00
Clorita		1,00
Arcilla		0,50
Opacos		0,01
TOTAL	100,00	

TEXTURA

Porfirítica en matriz granular gruesa.

ALTERACIÓN

Propilitización incipiente.

CLASIFICACIÓN

Pórvido granodiorítico.

OBSERVACIONES

La roca es de emplazamiento profundo.

En la *Figura 8*, podemos observar un fenocristal de plagioclasa (pl) rodeado por la matriz granular gruesa integrada por la asociación de plagioclasa (pl), sanidina (san) y de cuarzos (cz). 40X.

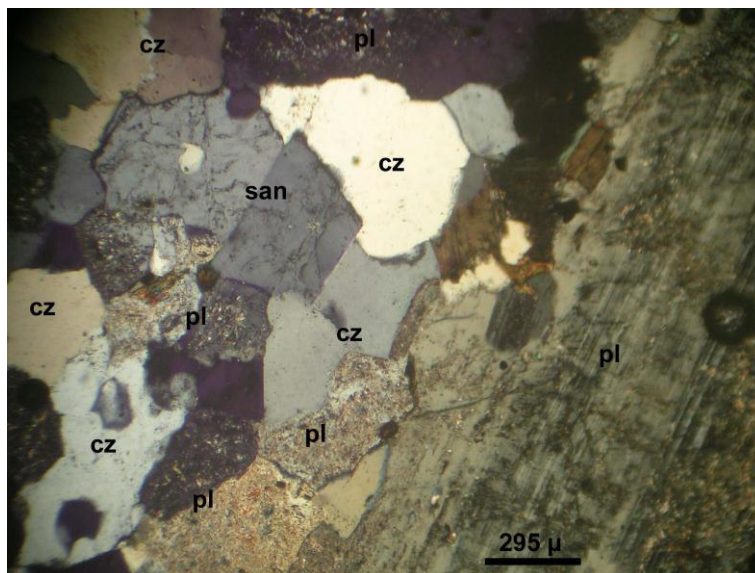


Figura. 8: Fotomicrografía de la muestra J-16

La matriz granular está compuesta por cristales tabulares de plagioclasa (pl), sanidina (san) y agregados granulares de cuarzo (cz), 40X. Ver Figura 9.

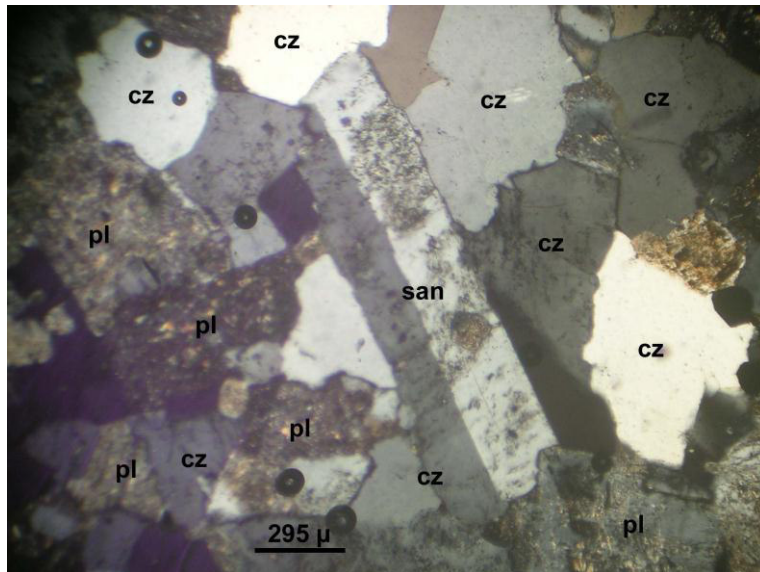


Figura. 9: Fotomicrografía de la muestra J-16

Importante hacer notar que los agregados granulares de cuarzo (c), se encuentran en los intersticios de los cristales tabulares de plagioclasa (pl) y de cristales euhedrales de adularia (ad). Ver Figura 10.

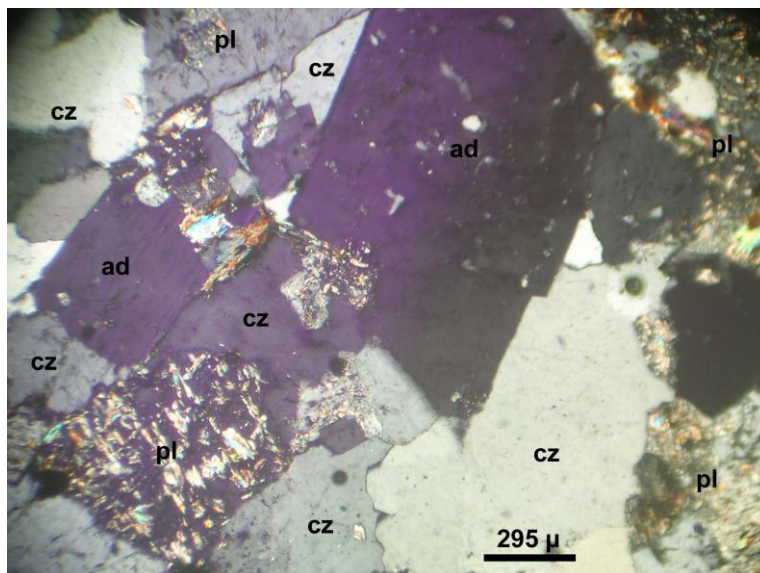


Figura. 10: Fotomicrografía de la muestra J-16

5.1.1.7 Síntesis

De los trabajos realizados en el área de estudio se ha podido determinar la existencia de las siguientes rocas intrusivas:

Dioritas a gabrodioritas, Tonalitas, Granodioritas, Granitos y Pórfido granodiorítico. Además de andesitas y dacitas como diques y sills respectivamente. Los análisis petrográficos no evidencian la presencia de oro (J-16 y J-41).

Las dioritas se hallan en stocks en casi toda el área, gradando a tonalitas o diorita cuarcífera por el incremento del cuarzo. Estas gradaciones obliteran los contactos, haciendo que en muchos casos no se tenga un contacto definido.

Las granodioritas forman stocks definidos, así como los granitos, observándose sus contactos definidos. Estos granitos forman pequeños plutones, mejor observados en la zona de La Cantuta-9 de Octubre.

El Pórfido Granodiorítico, se observó en la zona de San Antonio-Carossio, como un pequeño stock, en contacto con granodiorita y granito.

En la parte alta del cerro Quirio, se encontró diques de dacita, de colores claros, con rumbo NE. Estos diques son escasos, en la zona de estudio, encontrándose solo en este lugar.

Los diques que más abundan en la zona de estudio son los de andesita. Estos diques forman familias con dirección NE.

Las evidencias petrológicas muestran que subdividir en subunidades denominándolos cuerpos claros (Tn-Drt) y cuerpos oscuros (Tn-Gd), dada por Palacios (1992), podría generar inconvenientes.

En campo se ha determinado que la tonalita-diorita muchas veces se halla en contactos indiferenciados, con respecto a la granodiorita.

Caso opuesto ocurre con la granodiorita, ya que sus contactos si son definidos, proyectándose dichos contactos como “limpios” haciéndolos observables.

Los granitos también muestran contactos definidos, estos son mejor

visto en la zona de La Cantuta-9 de Octubre.

Por último el pórfido granodiorítico, mejor expuesto en la zona de San Antonio-Carossio, muestra contactos definidos.

Por lo visto en campo, analizado y descrito determinamos que la Superunidad Santa Rosa (sector Chosica), quedaría clasificado de la siguiente forma:

Gabrodiorita, tonalita-diorita, granodiorita, granito y pórfido granodiorítico.

En la figura 11, se muestra en resumen la columna litoestratigráfica modificada por el autor, añadiendo unidades en la Superunidad Santa Rosa, cuya fuente es: Palacios (1992).

CRONOESTRATIGRAFÍA			LITOESTRATIGRAFÍA	
ERATEMA	SISTEMA SERIE		UNIDADES ESTRATIGRÁFICAS	ROCAS INTRUSIVAS
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Dep. aluviales	Qr-al
		PLEHISTOCENO	Dep. fluviales	Qp-fl
	TERCIARIO	SUPERIOR		
				TIPO DE ROCA
		INFERIOR		Diques Andesita Dacita
MESOZOICO	CRETÁCEO	SUPERIOR MEDIO	Gpo. Casma	K-Ca
		INFERIOR		
			Volc. Yungas	Ki-y
	JURÁSICO			
				SUPER UNIDAD Santa Rosa Pórfido granodiorítico Ks-pgd-sr Granitos Ks-g-sr Granodiorita Ks-gd-sr Tonalita-Diorita Ks-tdi-sr Gabrodiorita Ks-gbd-sr

Figura. 11: Columna estratigráfica modificada por el autor.

Plano geológico y sección geológica

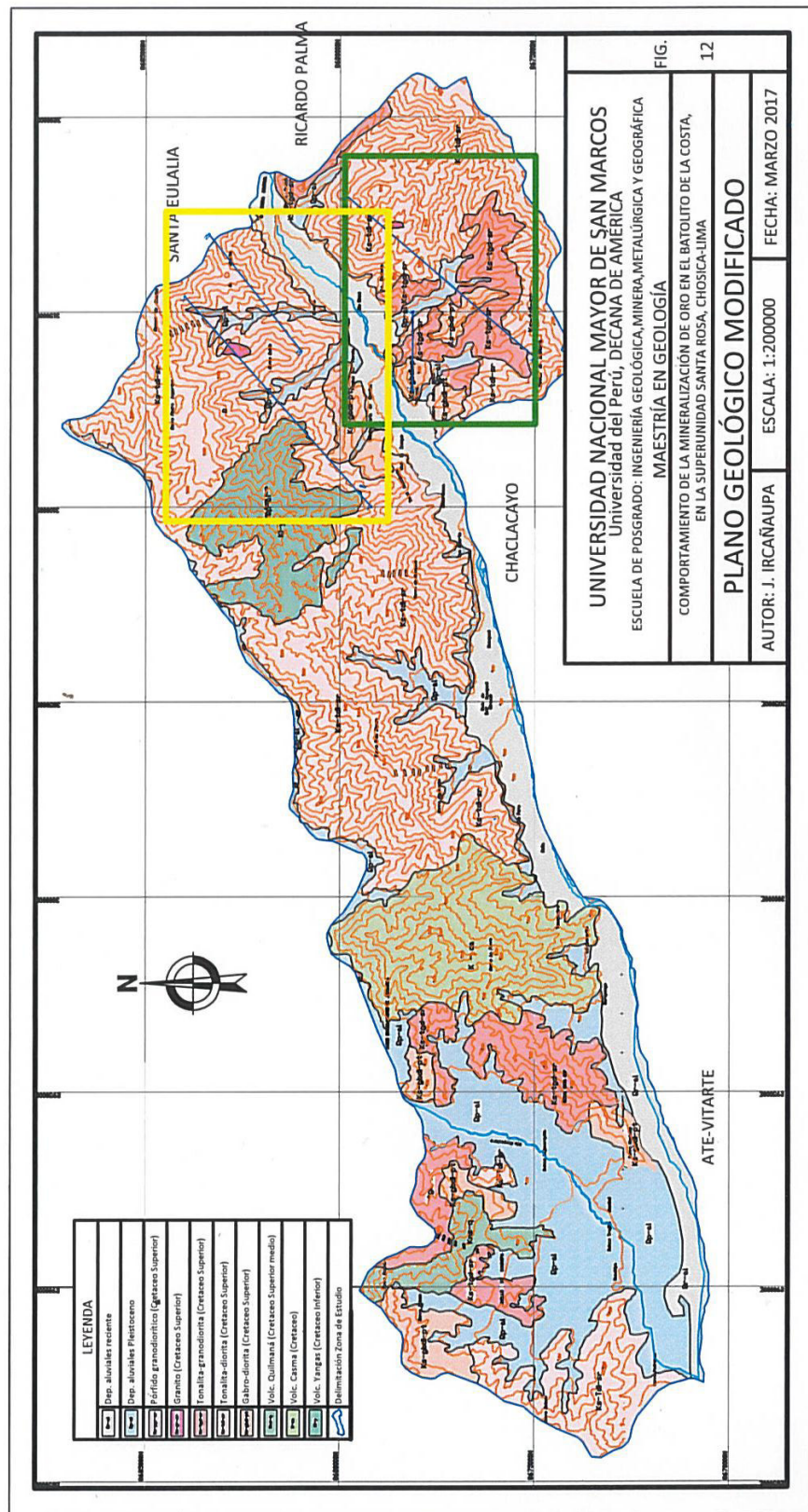
En base a los datos recogidos en campo se laboró un plano de la geología local modificada por el autor (Figura 12), cuya fuente es: Palacios. 1992.

Es muy importante el plano debido a que se determinaron un tipo

de roca como es el pórfido granodiorítico, siendo este, relativamente más joven, ya que en campo se observa que intruye a los demás rocas. Este pórfido se encontró en la zona de La Cantuta-9 de Octubre y en San Antonio-Carossio.

Y en base a este plano modificado por el autor, se realizó la construcción de una sección geológica del área, mostrando todas las rocas y de cuál sería su comportamiento idealizado. Ver Figura 13 y 14.

Figura 12: Plano de la geología local modificado por el autor.



5.1.2 Geología estructural

5.1.2.1 Generalidades; los aspectos estructurales de la zona de estudio, muestran moderado efecto por los procesos tectónicos, sobre todo en los volcánicos Yangas y el Grupo Casma, que son las rocas que se presentan estos efectos. En el Batolito se observa las fracturas y fallas que en muchos casos ha sido mineralizada.

5.1.2.2 Sistema de Fracturamiento; En el Terciario inferior se produce una nueva fase, que consiste en dos familias de fracturas cuyo rumbo es: E-O a NE-SO de movimiento sinistral y NNE a SSO dextral, mientras que en el Terciario superior se produce la siguiente fase que también es compresiva, dando lugar a un fallamiento longitudinal de gran extensión de rumbo N10°E a N10°O, incluyendo microfracturas de tensión, microfallas inversas de dirección N70°E a E-O (Palacios et al., 1992).

En nuestra área de trabajo existen dos sistemas de fracturamiento definidos: i) Un sistema NE-SO principal y otro secundario NO-SE, en la zona de San Antonio-Carossio ii) Un segundo sistema NO-SE principal y otro secundario NE-SO, ubicados en la zona de La Cantuta-9 de Octubre. En ambos sistemas se emplazaron la mineralización.

5.1.3 Alteración hidrotermal

La alteración en el área de estudio es selectiva, presentándose en las zonas donde se produce la mineralización, tal es el caso de la zona de La Cantuta-9 de Octubre, San Antonio-Carossio y Quirio. Tres tipos de alteraciones se presentan: sílice, argílica y propilítica.

5.1.3.1 Silicificación; esta alteración solo tiene lugar en el emplazamiento de las estructuras mineralizadas, presentando como un halo débil en las venas y venillas del ensamble del tipo Qz-Óxidos.

Esta alteración se asocia a minerales como la hematita y conforme va profundizando a pirita y calcopirita.

5.1.3.2 Argílica; se halla asociada a las estructuras mineralizadas o en sus cercanías, en algunos casos esta argilización se halla reemplazando a los cristales de plagioclasa.

5.1.3.3 Propilítica; dicha alteración está representada por la presencia de clorita, mostrando una gradación en relación a un sistema de estructuras mineralizadas. Esto ha sido observado en la zona de La Cantuta-9 de Octubre.

5.1.4 Mineralización

5.1.4.1 Generalidades

De toda el área estudiada se ha podido observar lo siguiente: existen dos tipos de mineralización; una de cuarzo-óxidos y otra de cuarzo-sulfuros, en ambos tipos está presente el oro, que es materia de estudio de la tesis.

En el tipo cuarzo-óxidos es donde se han realizados casi todos los trabajos de los mineros artesanales del área (Figura 15 y 16), ya que por la facilidad de explotación y tratamiento. La zona donde se han realizado casi el 70% del laboreo minero es en La Cantuta-9 de Octubre, en tanto en la zona de San Antonio-Carossio se halla el 25%, siendo el restante en diversas zonas como Quirio y Chacrasana. La roca caja son: tonalita, granodiorita y diorita, principalmente, muy puntual en el pórfido granodiorítico.

De lo mencionado líneas arriba se debe mencionar que el área del distrito de Lurigancho-Chosica se le ha dividido en dos zonas a saber: La primera zona La Cantuta-9 de Octubre y la segunda San Antonio-Carossio, esto a partir de la concentración de las estructuras mineralizadas y de cómo se encuentra distribuida dicha mineralización. Determinándose que es en estas dos zonas donde se concentra la mineralización, en las demás áreas de Chosica se halla venillas aisladas. También es importante mencionar que entre estas dos zonas existe una diferenciación. La primera zona más aurífera que cuprífera y la segunda más cuprífera.



*Figura. 15: **Labores mineras artesanales;** en el sector San Antonio; nótese las labores de mineros artesanales realizadas.*



*Figura. 16: **Labor minera artesanal;** en el sector Regatas-La Cantuta, nótese una labor realizada por mineros artesanales.*

Las estructuras a que se hace referencia son venas y vetillas, no se ha observado cuerpos (Figura 17). Muchas de estas se hallan en familias como lo observado en el lado oeste del Club Regatas Lima, en tanto en el lado de San Antonio se muestran de forma individual y en familia.



Figura. 17: Sistema de vetas; en el sector Carossio, se observa un sistema de vetas rellenas de óxidos y cuarzo cerca a la quebrada Carossio.

5.1.4.2 Asociaciones mineralógicas

Las asociaciones mineralógicas observadas son las siguientes:

Óxidos-Cuarzo

El óxido que predomina es la hematita pulverulenta, que se halla relleno las cavidades y fracturas del cuarzo, seguido se tiene a la jarosita terrosa, que recubre como pátina al cuarzo. Luego se tiene al cuarzo que tiene hábito masivo y de color blanco lechoso, muy escaso el hialino que se halla restringido a las geodas. Es este material él que ha sido intensamente explotado por los mineros informales, que aprovechaban su cercanía a superficie y su fácil extracción.

Cuarzo-sulfuros

El cuarzo sigue siendo el lechoso masivo, moderado a escaso el hialino. La pirita es el segundo mineral que se observa en forma anhedral y subhedral, seguido de la calcopirita granular, con pátinas de calcosina (determinado en microscopio: M-2).

5.1.4.3 Ocurrencias del oro

Para determinar la ocurrencia del oro se realizó el estudio mineragráfico, donde se tomaron once muestras, de las estructuras mineralizadas (vetas y venillas, material molido y relave), ya que el oro se halla alojado en ellas. El estudio mineragráfico contempló dos tipos: el estudio por microscopía óptica y el estudio por electrónica de barrido.

Ocurrencia del oro en óxidos

Se recolectó seis muestras de tres labores que habían sido trabajados por los mineros informales. Cabe remarcar que estas labores ya han sido explotadas al nivel máximo artesanal, ya que por su profundidad, no es posible realizarla en cuanto a rentabilidad y técnica por estos mineros, notándose muchas de ellas derrumbadas. Además mineralógicamente ya se observa la zona de sulfuros. Cabe resaltar que la profundidad de laboreo que se observó fue de 15m aproximado, notándose derrumbada dicha labor y en longitud se observó un aproximado de 80m (Zona La Cantuta-9 de octubre).

Se seleccionó una muestra, la cual se envió al laboratorio Bizalab, para su estudio en microscopía óptica y en barrido electrónico.

La muestra corresponde a una estructura rellena por cuarzo lechoso y hialino en forma masiva con moderada presencia de óxidos (Figura 18).

Descripción Macroscópica:

Muestra M-1

Pirita

Se hallan como pequeños cristales euhedrales de hábito cúbico incluidos en las gangas y como relictos en los óxidos.

Calcopirita

Se observan en pequeños cristales anhedrales incluidos en las gangas, presentan bordes de alteración.

Calcosina

Como pátina sobre la calcopirita.

Covelita

Aparece como reemplazamiento en los cristales de calcopirita, asociada en parte a la goethita.

Goethita

Aparece como masas irregulares y también como pátina en el cuarzo, tiñéndolo de un color rojo con diversas tonalidades.



Figura. 18: M-1, muestra con óxidos; extraída del sector La Cantuta-9 de Octubre.

Descripción Microscópica:

A esta muestra se le realizó un estudio minerográfico para determinar la presencia del oro.

Sin embargo los resultados no fueron alentadores ya que no se observa la presencia del oro, como lo muestra el estudio.

La Figura 19; es una fotomicrografía en minerografía óptica. Se observa un cristal anhedral de calcopirita con bordes de covelita y goethita.

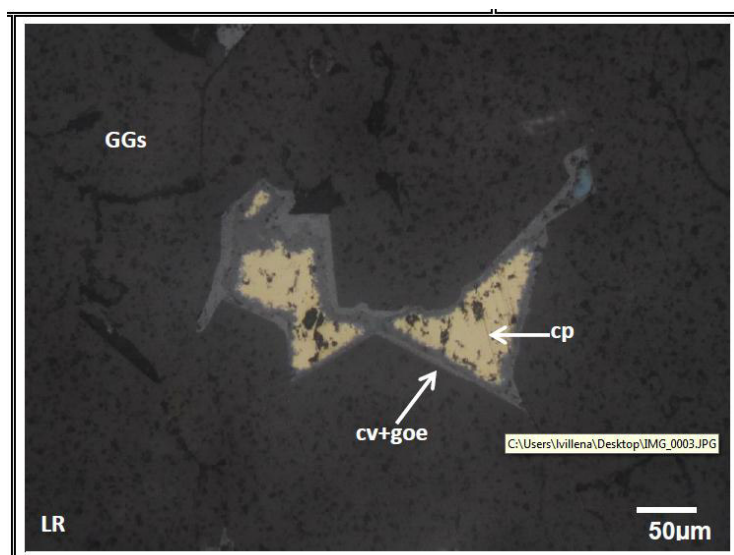


Figura. 19: Fotomicrografía de M-1.

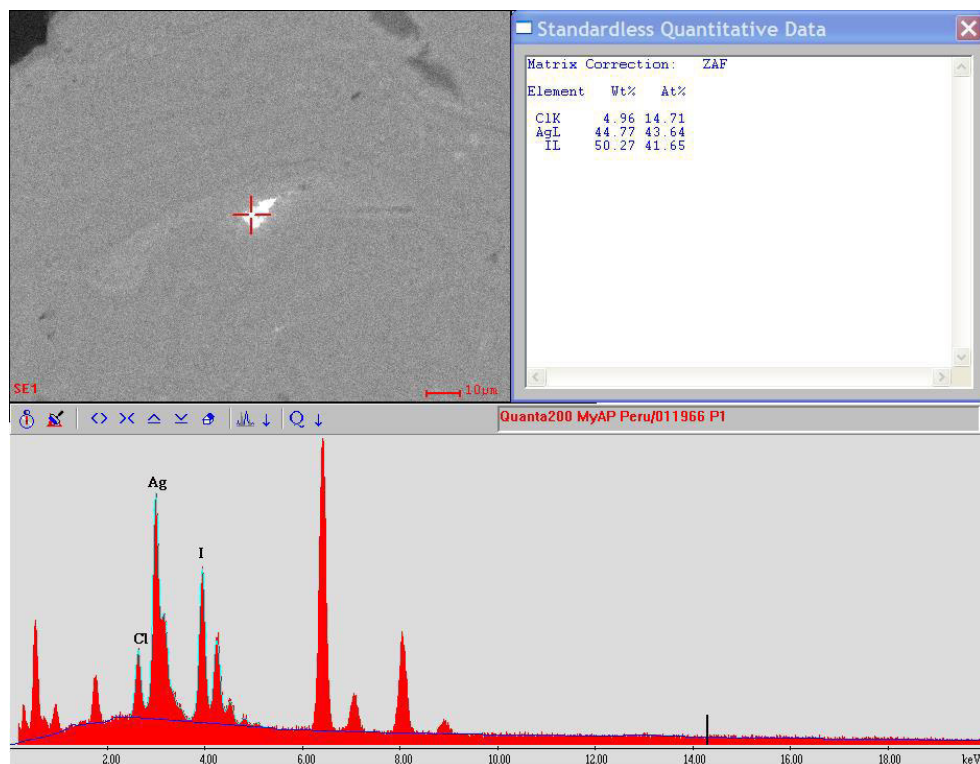
Descripción con microscopía electrónica

A esta muestra se le hizo un estudio de microscopía electrónica de barrido para poder identificar al elemento Au y otros que pudiesen existir.

Resultó interesante ya que se determinó la presencia de otro elemento mineral que no se distingue de manera macroscópica, como es la iodargirita (Agl).

La iodargirita es un metal significativo en las zonas de oxidación de las vetas de cuarzo, que son portadoras de Au –Ag. Muchas veces se hallan asociadas a limonitas.

En la Figura 20, se observa el espectro de una partícula de iodargirita, cuantificando su composición en peso.



*Figura 20; **Espectro de iodargirita:*** Espectro y composición de una partícula de iodargirita en goethita. (Aumento: 2000x).

Con respecto al **oro**, este aparece de manera **coloidal** (nanopartículas no observables bajo el microscopio electrónico de barrido) tanto en la goethita como en la covelita (CuS), tal como se observa en las Figuras 21,22 y 23.

Una partícula de calcopirita ha sido enfocada, en donde se puede apreciar que en dicha partícula no se determina la presencia de oro.

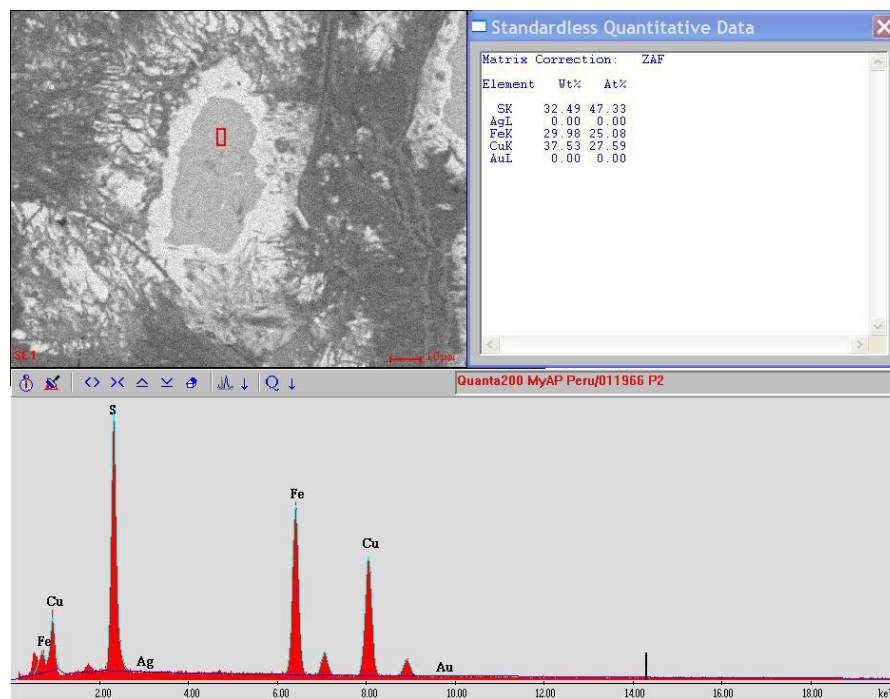


Figura 21; Espectro de calcopirita: Espectro y composición de una partícula de calcopirita. (Aumento: 2000x).

En la Figura 22, se observa una corona de covelita en calcopirita, aquí, se observa el oro en su composición con un 2.33%

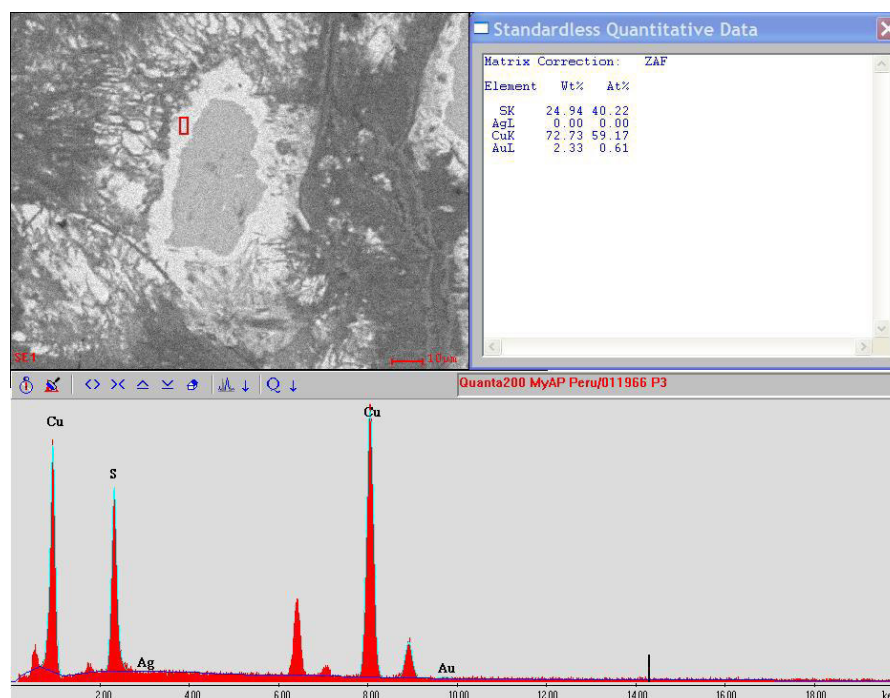


Figura 22; Espectro de covelita: Espectro y composición de la covelita. (Aumento: 2000x).

En la Figura 23, que viene a ser el espectro y composición de una masa irregular de goethita, también se observa la presencia del oro dentro de su composición, sin embargo no es posible detectar las partículas de dicho mineral presumiéndose que se halla de manera coloidal.

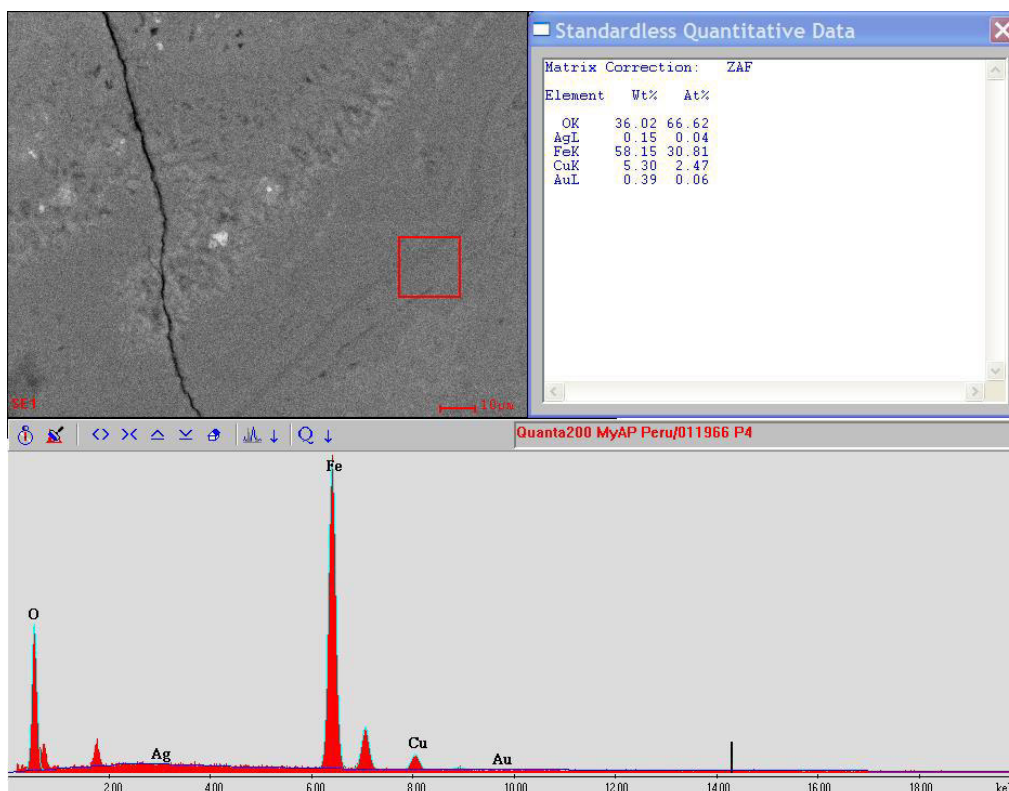


Figura 23; Espectro de goethita: Espectro y composición de una masa irregular de goethita. (Aumento: 2000x).

Como el oro se presenta en forma coloidal, y solo en la covelita y en la goethita. Se ha elaborado un cuadro con la composición mineralógica de los minerales portadores de oro. Cuadro 4.

Cuadro 4; Composición mineralógica de minerales portadores de Au.

Mineral	Cu	S	Au	Ag	Fe	O
Covelita	72,73	24,94	2,33	0,00	0,00	0,00
Goethita	5,30	0,00	0,39	0,15	58,15	36,02

Ocurrencia del oro en sulfuros

La muestra M-2 se obtuvo de veta, de una labor minera informal. Se seleccionó una muestra que posea características de alta probabilidad de contener oro.

Muestra M-2: Fragmento con sulfuros

Se ha sopesado a los minerales que conforman la muestra, calculando sus porcentajes volumétricos, mostrados en el Cuadro 5.

Cuadro 5; Distribución volumétrica % de la muestra M-2

MINERALES	% HIPOGENOS	% SUPERGENOS
Pirita	10,00	
Calcopirita	2,00	
Esfalerita	Trz	
Chalcocita		1,00
Covelita		2,00
Goethita		0,01
Gangas	84,99	
TOTAL	100,00	

Las características microscópicas son:

Calcopirita

Se observa cristales anhedrales, se ubica en los intersticios de las gangas; presentan alteración a chalcocita y a covelita, presentando remanentes esqueléticos en algunos sectores de la muestra, en asociación con la pirita, se encuentra ubicada dentro de los intersticios de ésta, produciendo un reemplazamiento parcial de la pirita.

Chalcocita

Es el producto de la alteración de la calcopirita, motivo por lo que se encuentra, en muchos sectores de la muestra, como halos (coronas) de alteración, mayormente asociada a la covelita; están dentro de los intersticios de las gangas y de las piritas.

Covelita

Producto de la alteración de la calcopirita y de la calcosina, por lo que están asociadas a éstas, mayormente con formas irregulares; hay sectores donde la covelita asociada a la calcopirita y a la chalcocita están dentro de los intersticios y microfracturas de la pirita, pero mayormente están dentro de los intersticios de las gangas.

Pirita

Con formas que varían de subhedrales a anhedrales, están conformando parte de la mena en estudio, habiéndose ubicado en los intersticios y microfracturas de las gangas; en sectores se hallan parcialmente reemplazadas por la calcopirita alterada a calcosina y a covelita. En ciertos sectores muestran alteración a goethita, esto ocurre a partir de sus microfracturas.

Esfalerita

Escasos cristales anhedrales de esfalerita, están muy dispersos dentro de los intersticios y fracturas de las gangas.

Goethita

Es el producto de la alteración de la pirita, lo que ocurre a partir de sus microfracturas.

En la muestra se halló minerales hipógenos y supérgenos cuya distribución volumétrica se encuentra en el Cuadro 5.

TEXTURA

Reemplazamiento y relleno de fracturas.

PARAGÉNESIS

A.- Depositación hipógena de los minerales:

1. Pirita.
2. Esfalerita.
3. Calcopirita.

B.- Depositación Supérgena de los Minerales

1. Covelita.
2. Chalcocita.
3. Goethita.

OBSERVACIONES

La muestra corresponde al área de la mena.

La chalcocita ha remplazado en forma parcial a la calcopirita observándose remanentes esqueléticos de calcopirita (cp) dentro de la chalcocita (cc). *Figura 24.* 200X.

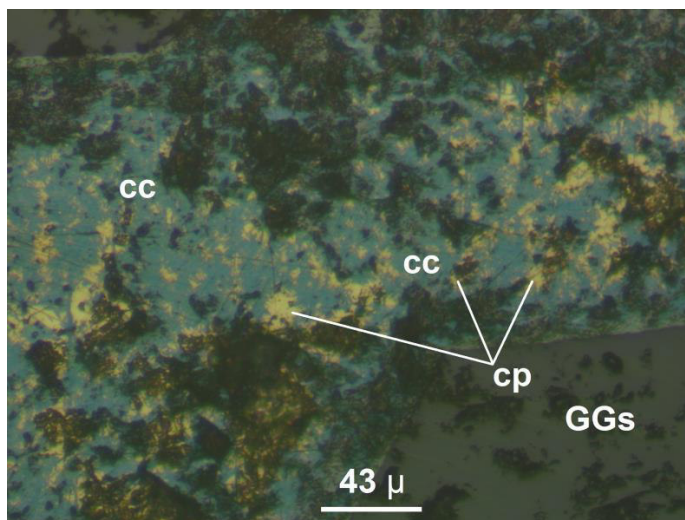


Figura. 24: Fotomicrografía de la muestra M-2

Otra muestra de intensa alteración es como la pirita (py) microfracturada ha sido reemplazado por la chalcocita (cc) en forma parcial. 200X. Ver *Figura 25*

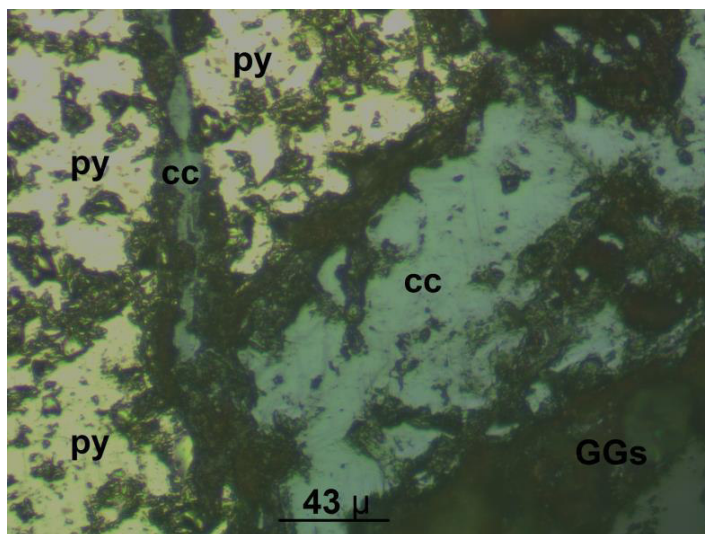


Figura. 25: Fotomicrografía de la muestra M-2

En la *Figura 26*, obsérvese a la chalcocita (cc) en forma de halos (coronas) de alteración, están rodeando a la calcopirita (cp) corroída, de la cual se ha originado por alteración. 200X.

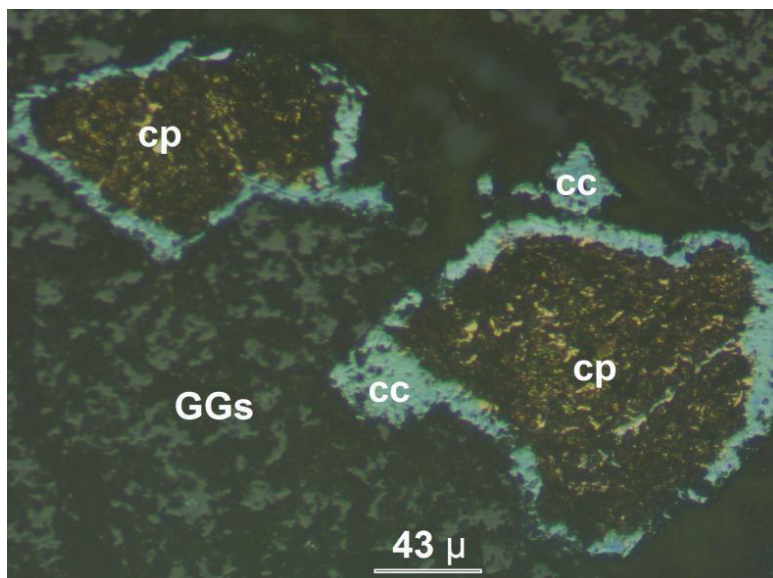


Figura. 26: Fotomicrografía de la muestra M-2

Ocurrencia del oro en material molido; este material lo proporcionaron los mineros informales de la Rinconada (AAHH Baja California), en el distrito de Chosica, límite con Chacabayo. Este material, ha sido tratado de la siguiente manera; el mineral extraído de las minas cercanas ha sido seleccionado y molido en un pequeño molino, es de allí que se extrajo para el estudio.

Se observa al microscopio la ocurrencia del oro; se halla como oro libre, en forma anhedral rodeado de óxidos (goethita y hematita), una segunda ocurrencia lo muestra en electrum, las formas son alargadas.

Muestra M-3: Material molido

Descripción microscópica

En esta muestra se han determinado los minerales, mostrando los datos en porcentaje volumétrico y en porcentaje en peso.

Para poder sopesar a los minerales que conforman la muestra se calculó sus porcentajes volumétricos, mostrados en el Cuadro 6.

Cuadro 6; Porcentaje volumétrico y en peso de la muestra M-3

MINERALES	% VOLUMETRICO	% PESO
Oro	0,03	0,16
Pirita	0,14	0,20
Hematita	26,76	30,04
Goethita	32,13	38,59
Electrum	Trz	Trz
Gangas	40,94	31,02
TOTAL	100,00	100,00

Grano anhedral de oro (Au), véase la *Figura 27*, que se encuentran adyacente a los granos de goethita (gt) y de gangas (GGs); el tamaño del grano del oro se debe comparar con la escala que está en la parte inferior de la vista. 500X.

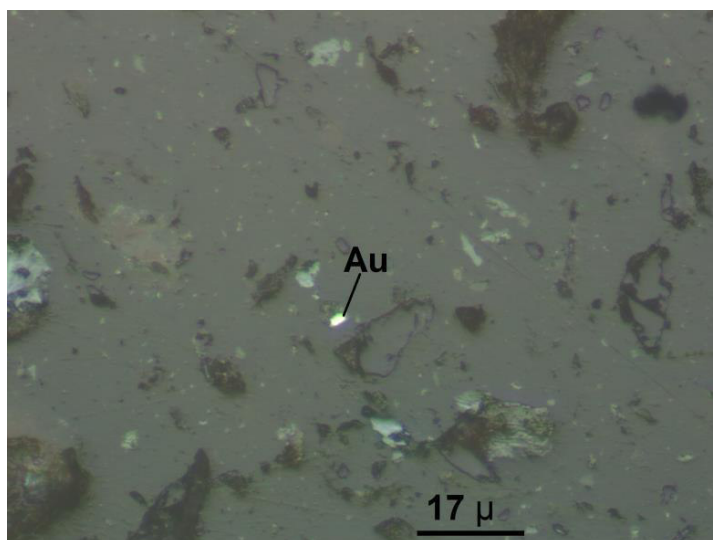


Figura. 27: Fotomicrografía de la muestra M-3

En la Figura 28 se observa un grano anhedral de electrum (el) con hábito alargado, se muestra parcialmente rodeado por la película de

goethita; adyacente están las partículas de goethitas, hematita y de gangas (GGs). 500X.

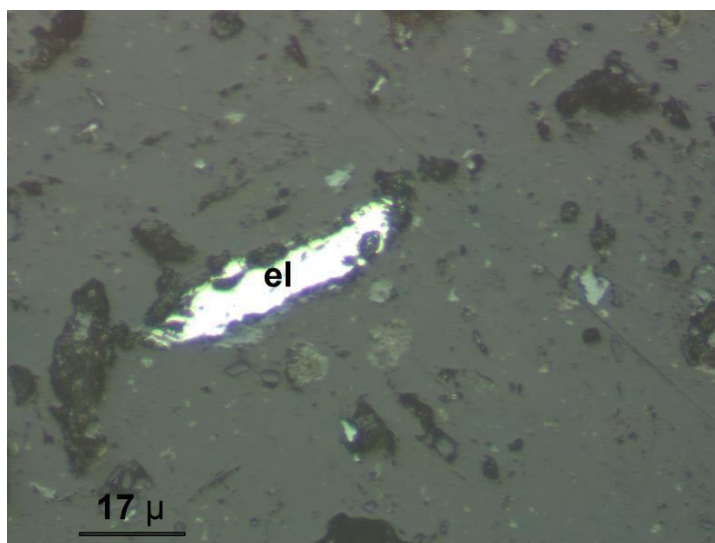


Figura. 28: Fotomicrografía de la muestra M-3

La *Figura 29* muestra a los granos anhedrales de hematita (hm), de goethita (gt) y de gangas (GGs), todos como partículas libres. 200X.

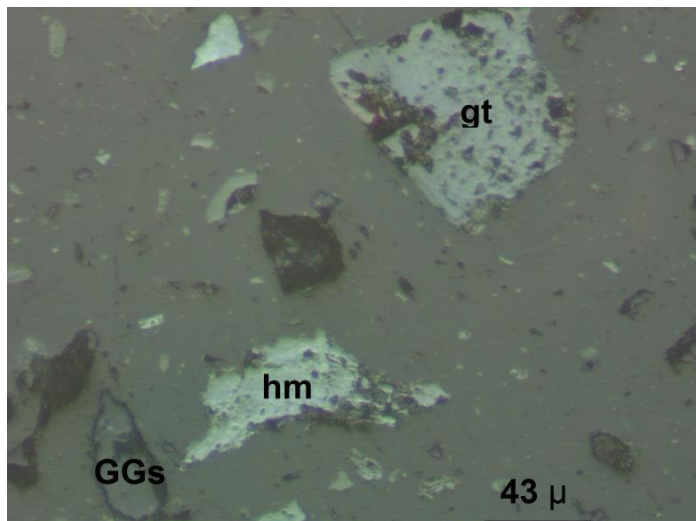


Figura. 29: Fotomicrografía de la muestra M-3

Ocurrencias del oro en material tratado (Relave); para este caso este material ha sido molido en los quimbaletes y se ha recuperado el oro con mercurio, después de este proceso dicho material es

depositado en una poza para que seque y pueda comercializarse, ya que la recuperación es baja como se verá más adelante.

El oro se observa disperso después de haber sufrido el tratamiento de recuperación, observándose el electrum en formas irregulares y en tamaños menores a 17μ .

Este material fue proporcionado por los mineros informales de la Rinconada (California), es el AAH Baja California, donde tienen instalado quimbaletes para la recuperación del oro.

Muestra M-4: Muestra de material tratado (RELAVE)

Descripción microscópica

La muestra corresponde a material ya tratado o sea relave, que los mineros informales acumulan para vender, después de haber recuperado el oro.

Electrum

Como se mencionó, este mineral se exhibe como partículas detríticas, los que están dispersos, tanto individuales, como asociados a la goethita; sus formas son anhedrales y sus tamaños son hasta de 0,115 mm de longitud; los que están asociados con la goethita, ésta se exhibe como coronas alrededor del electrum.

Pirita

Se muestran fuertemente microfracturadas, algunas de ellas intensamente alteradas a hematita y a goethita, por lo que son observadas como remanentes esqueléticos, asimismo sus formas son anhedrales y sus tamaños son hasta de 0,175 mm de longitud.

Hematita

Producto de la alteración de las piritas, ocurren como partículas detríticas, algunas veces asociadas a la pirita y en otras a las goethitas, consecuentemente sus formas son irregulares.

Goethita

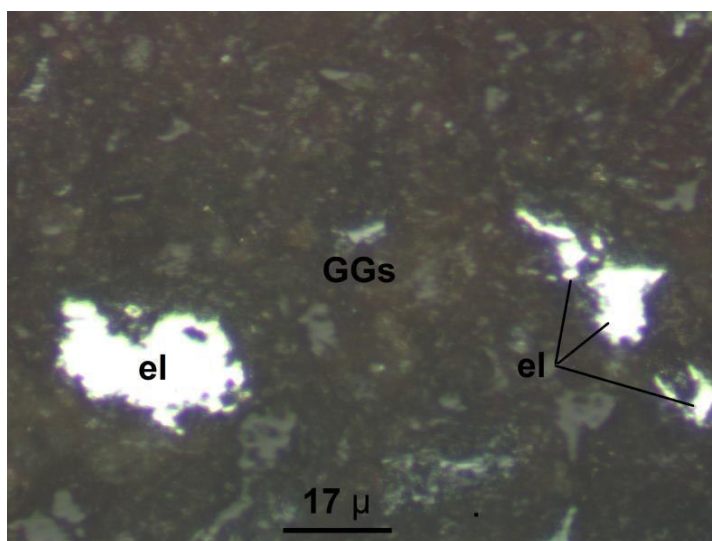
Otro mineral que es derivado de la alteración de la pirita y de la hematita, por lo que están asociadas a estas dos especies, como es el caso que se exhibe en la fotomicrografía que se adjunta.

La presencia del Electrum (*Cuadro 7*), en la muestra es muy importante, ya que su porcentaje en volumen es alto.

Cuadro 7; Distribución volumétrica y % en peso de muestra M-4

MINERALES	% VOLUMETRICO	% PESO
Pirita	6,98	10,59
Goethita	21,92	28,50
Hematita	4,98	6,05
Electrum	0,35	0,92
Gangas	65,77	53,94
TOTAL	100,00	100,00

En la fotografía mostrada en la *Figura 30*, se puede observar cristales anhedrales de electrum (el), cuyas partículas están libres, muy dispersa en la ganga (GGs). Los tamaños de los granos se deben comparar con la escala de parte inferior de la vista.500X.

**Figura. 30: Fotomicrografía de la muestra M-4**

Véase un grano anhedral de electrum (el) y de pirita (py) están muy dispersos en la ganga (GGs) (*Figura 31*). El tamaño del grano de electrum (el) se debe comparar con la escala de la parte inferior de la vista, 500X.

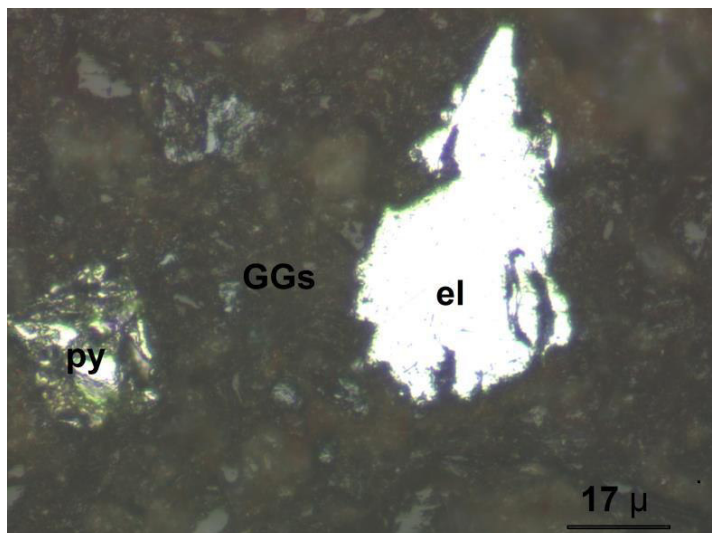


Figura. 31: Fotomicrografía de la muestra M-4

Nótese en la fotomicrografía de la *Figura 32*, a los cristales anhedrales de pirita (py), de hematita (hm) y de ganga (GGs). 500X.

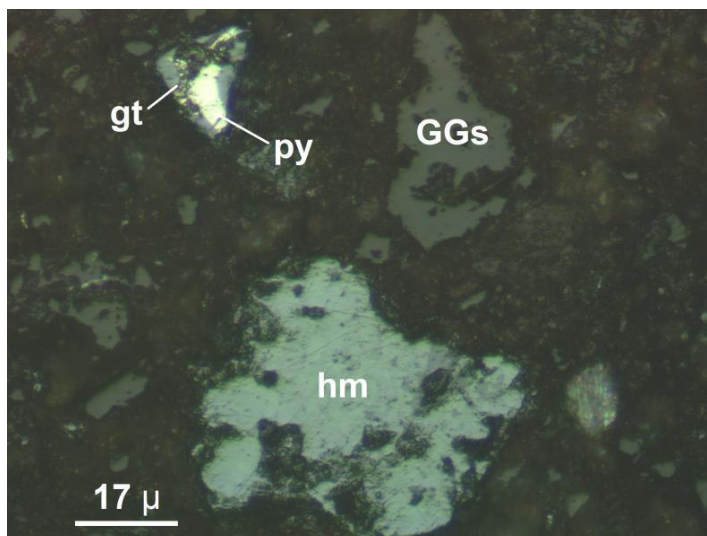


Figura. 32: Fotomicrografía de la muestra M-4

5.1.4.4 Valores económicos del oro

Se ha realizado un mapeo de vetas, venas y venillas, en toda el área de estudio, seleccionando las principales, que el autor ha considerado las que tienen alta probabilidad de contenido de oro (Cuadro 8), realizando luego el análisis químico, que nos dará una

idea de los valores de oro y de cuál sería el potencial (en valor de oro), de este depósito.

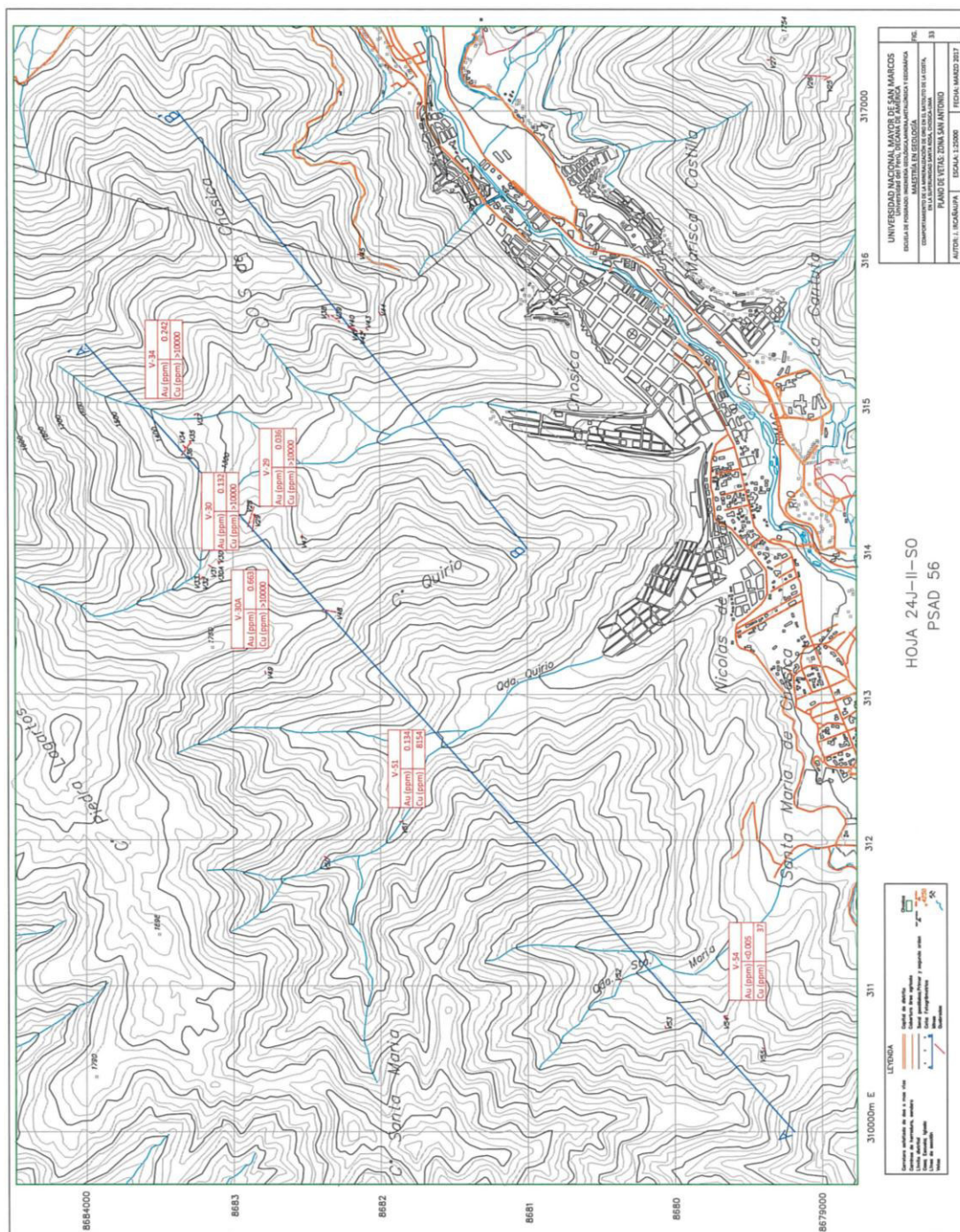
Una vez que se ha recolectado las muestras se ha realizado un estudio macroscópico para observar la mineralogía y sus asociaciones para tener una idea seguida del estudio mineragráfico que se detalla líneas arriba.

Cuadro 8; Descripción de vetas.

Nº	Nº Muestra	COORDENADAS		DESCRIPCION	Zona/Qº/Paraje
		E	N		
1	V-A	315246	8676262	Muestra de cancha que ha sido seleccionada por los mineros informales de la zona, posee variada granulometría, la composición mineralógica es cuarzo lechoso a hialino, en hábito subhedral a anhedral, con óxidos como pátina, y sulfatos de color verde a celeste como agregados terrosos y pátina recubriendo al cuarzo. La roca caja es diorita.	La Cantuta-9 de Octubre
2	V-19	315376	8676189	Muestra de veta extraída de una labor minera informal (Rb. Labor; S30°W), de potencia ≤ 10cm. Rb. N20°E; Bz. NW45°, Long. 30m (visible). La mineralogía está compuesta de cuarzo lechoso, hialino anhedrales, se hallan también en microgeodas, en pequeños cristales alargados con óxidos (goetita, jarosita y hematita), también se tiene cuarzo poroso relleno por jarosita y goetita. En el cuarzo masivo hialino se tiene sulfuros como chalcopirita granular escaso, también se observa sulfatos. La roca caja es diorita.	La Cantuta-9 de Octubre
3	V-21	316000	8677655	Muestra de veta extraída de una labor minera informal; que consiste en escaso cuarzo hialino, abundante óxidos (oligisto micáceo), abundante hematita, con débil magnetismo. Rb. N5W; Bz. NE76. Potencia 10cm. Long. Labor: 20m (visible). La roca caja es diorita.	La Cantuta-9 de Octubre
4	V-26	317247	8679084	Muestra extraída de labor minera informal que consiste en óxidos como hematita, goetita, jarosita abundante y con escaso cuarzo. Rb. N5°E; Bz. NW86°. Potencia ≤ 10cm; Long. Labor: 40m aproximado. Roca caja: tonalita.	La Cantuta-9 de Octubre
5	V-29	314229	8682853	Venilla de cuarzo, con chalcantita que se halla en pátina sobre el cuarzo y terroso en oquedades, también se halla en hábito botroidal. Roca caja pórfido granodiorítico. Rb. N85°W; Bz. 50°SW. Potencia ≤ 10 cm; Long. 25m.	San Antonio-Carossio
6	V-30	313896	8683095	Venilla ≤ 10 cm. de potencia y Long. 45m, consiste de cuarzo hialino-ahumado y chalcantita, que se halla como pátina en el cuarzo y en hábito terroso en las fracturas de la roca caja, escasa goetita, hematita, esfalerita marmatítica asociado a este cuarzo. Roca caja microgranito, en contacto con la diorita. Zona de labores de mineros informales.	San Antonio-Carossio
7	V-30A	313896	8683094	Muestra extraída de una zona de labores de mineros informales, veta de cuarzo hialino y lechoso con chalcantita en hábito terroso y fibroso en las fracturas, fuerte oxidación (goetita y jarosita). Rb. labor: N60E. Long. Labor: 15m. Pot. ≤ 10cm. Roca caja: diorita.	San Antonio-Carossio
8	V-34	314693	8683324	Veta de cuarzo-chalcantita-óxidos (jarosita-goetita), Rb. S50°W; Bz. NE50°; Pot. ≤ 10cm y Long. 25m. Roca caja granodiorita.	San Antonio-Carossio
9	V-51	312129	8681851	Veta de chalcantita en hábito terroso y como escamas. Rb. N5°W; Bz. NE80°. Potencia ≤ 10cm y 20m de longitud. Roca caja: diorita.	Quirio

Se ha elaborado dos planos en donde se muestran las estructuras mineralizadas (Figuras 33 y 34), además de la ubicación de otras halladas en campo. Con todo ello se elaboró dos secciones de vetas. (Figura 35 y 36).

Figura 33: Plano de vetas: zona San Antonio



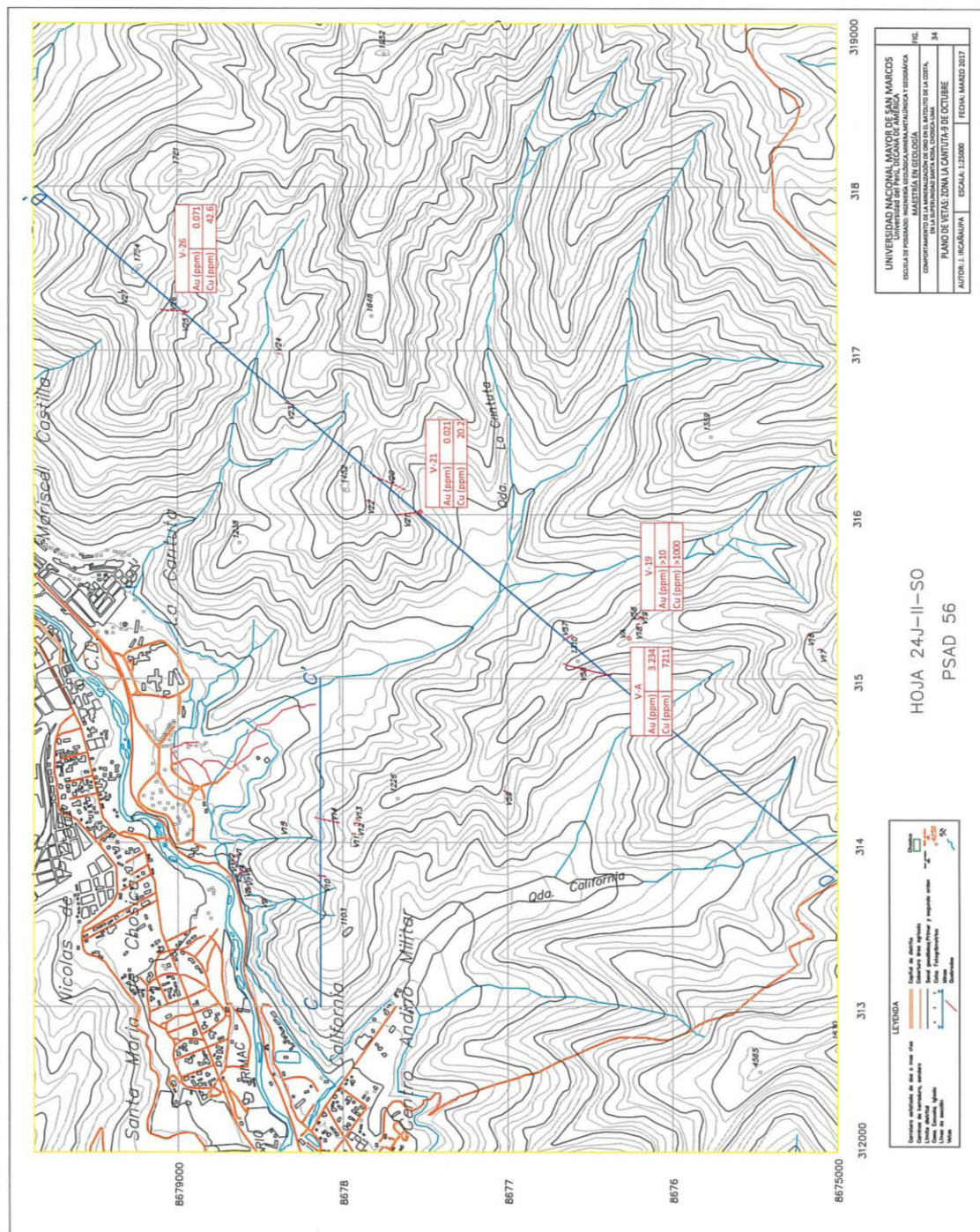
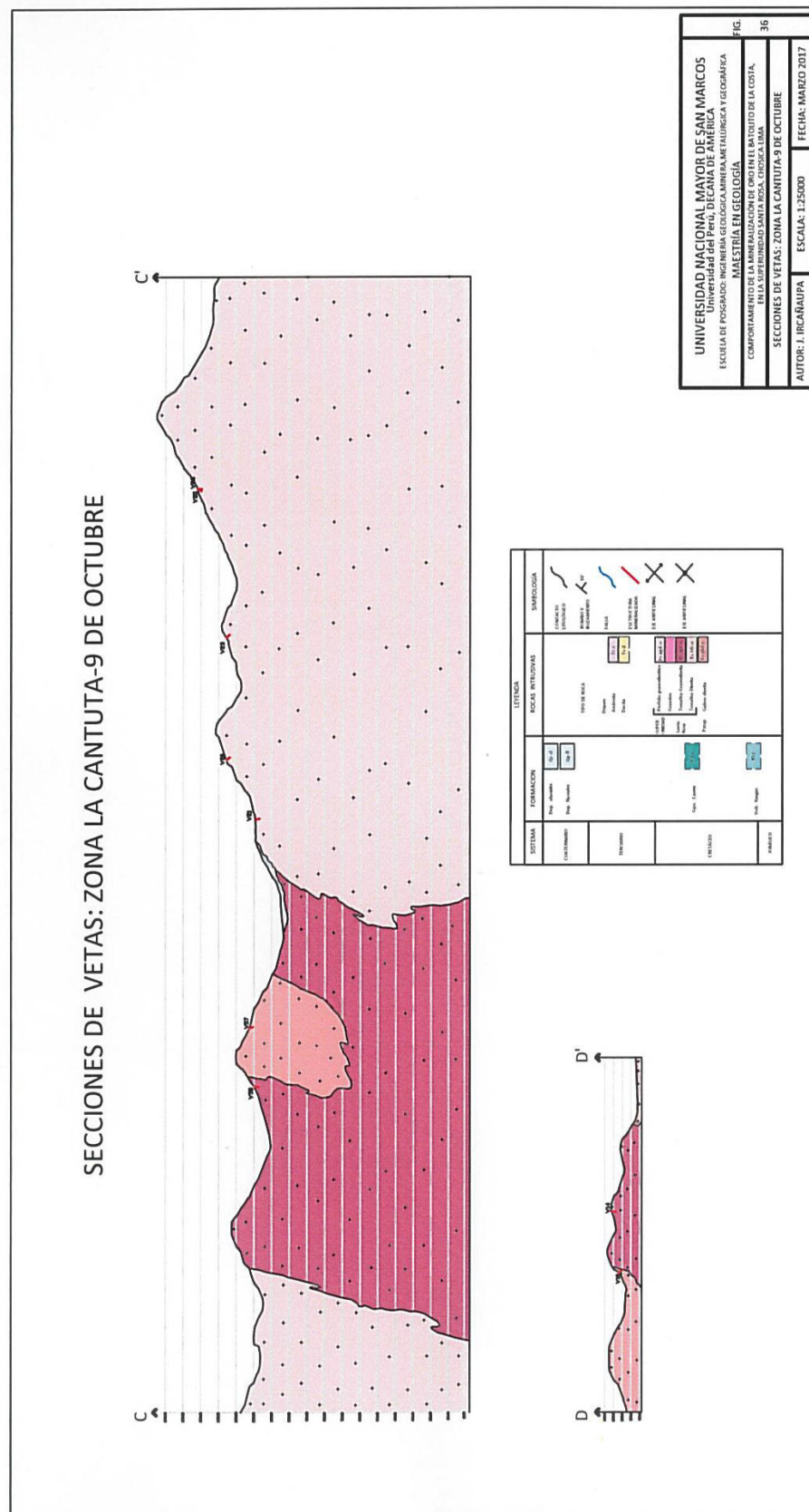


Figura 36: Secciones de vetas: zona La Cantuta-9 de Octubre



En los siguientes cuadros, se muestran los resultados del análisis químico. El método usado para el oro fue de: IC-EF-01 y para los demás elementos fue de IC-VH-17.

De estos cuadros se desprende las siguientes conclusiones:

Los valores de oro son alentadores (Cuadro 9), en la zona de La Cantuta-9 de octubre, ya que allí se concentra los valores más altos (V-A=3.23 g/t; V-19= >10 g/t), en tanto en la zona de San Antonio dichos valores decrecen (V-34=0.2 g/t; V-54= <0.005g/t), salvo la muestra V-30A (0.6g/t). Sin embargo aquí es relevante hacer notar lo siguiente; que si bien es cierto que el oro decrece en la zona de San Antonio-Carossio, el cobre aumenta en valor (V-29= >1%; V-34= >1%), corroborando lo mencionado por el autor de que en el distrito de Lurigancho-Chosica donde se llevó a cabo el estudio, existe dos zonas definidas: una auro-cuprífera (Zona de La Cantuta-9 de Octubre), y otra cupro-aurífera (Zona de San Antonio-Carossio).

En el Cuadro 10 se muestra los valores de molibdeno, apreciándose que sus mejores valores se hallan en la Zona de San Antonio-Carossio (V-30A=846ppm; V-54=26ppm), a diferencia de la zona de La Cantuta-9 de Octubre (V-A=2ppm; V-21=3ppm).

El Cuadro 11, nos muestra el análisis por wolframio, que es importante para clasificarlo dentro del modelo de depósito RIRGS. Podemos observar que los valores son muy bajos en ambas zonas: (V-A=<10ppm; V-30=<10ppm; V-54=<10ppm), lo que no correspondería este tipo de depósito.

Resulta importante mencionar que no se realizó el análisis por elemento telurio (Te).

Cuadro 9; Informe de ensayo; elemento Au y otros.

Muestras		Elementos													
N°	Codigo de Servicio Elemento Unidad Limite Inferior Limite Superior	G0207	G0108	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153
		Weight*	Au	Ag	Al*	As*	Ba*	Be*	Bi*	Ca*	Cd*	Co*	Cr*	Cu	Fe*
		kg	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	%
		0.005 10	0.005 100	0.2 100	0.01 15	3 10000	1 10000	0.5 10000	5 10000	0.01 15	1 10000	1 10000	1 10000	0.5 10000	0.01 15
1	VA	1.80	3.234	11.3	2.12	100	87	<0.5	31	0.40	9	25	263	7211	3.53
2	V-19	1.87	>10	>100	0.39	544	25	<0.5	149	0.07	27	6	196	>10000	4.21
3	V-21	1.26	0.021	0.6	4.83	26	186	<0.5	8	5.08	7	27	147	20.2	>15
4	V-26	1.24	0.071	1.5	6.07	23	67	0.9	<5	1.21	8	39	49	42.6	>15
5	V-29	1.36	0.036	44.3	2.07	3813	73	0.9	18	4.25	128	8	141	>10000	1.89
6	V-30	1.51	0.132	12.6	2.91	27	408	1.4	40	0.95	<1	11	182	>10000	2.87
7	V-30A	1.40	0.663	9.2	1.94	61	759	0.7	37	0.25	2	6	428	>10000	6.59
8	V-34	1.58	0.242	>100	2.50	2646	236	<0.5	25	0.36	85	30	316	>10000	2.81
9	V-51	1.78	0.134	2.0	7.80	<3	389	1.1	<5	1.81	2	34	96	8154	4.28
10	V-54	1.88	<0.005	0.4	6.83	33	879	1.3	6	0.78	1	8	174	37.0	4.45

Cuadro 10; Informe de ensayo; elemento Mo y otros.

Muestras		Elementos													
N°	Codigo de Servicio	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153
	Elemento	Ca*	K*	La*	Hg*	Mo*	Mo*	Na*	Rb*	Ni*	P*	Pb	S*	Sb*	Sc*
	Unidad	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	ppm	%	ppm	%	ppm	ppm
	Límite Inferior Límite Superior	10 10000	0.01 15	0.5 10000	0.01 15	2 10000	1 10000	0.01 15	1 10000	1 10000	0.01 15	2 10000	0.01 10	5 10000	0.5 10000
1	V-A	<10	0.45	2.3	0.39	516	2	0.09	<1	15	0.02	1068	0.03	307	4.6
2	V-19	<10	0.09	1.7	0.04	210	4	0.06	<1	7	0.02	1944	0.10	2232	1.0
3	V-21	33	1.86	15.4	0.64	3520	3	0.34	<1	9	<0.01	51	0.08	20	8.6
4	V-26	36	0.46	19.7	0.85	935	2	0.33	<1	16	0.05	75	0.13	22	9.9
5	V-29	<10	0.80	15.4	0.22	713	17	0.08	<1	7	0.03	>10000	0.03	7998	2.0
6	V-30	12	2.02	431	0.51	405	26	0.78	6	6	0.19	32	0.07	24	5.7
7	V-30A	28	1.00	1640	0.06	103	846	0.20	4	8	0.06	34	0.12	<5	3.5
8	V-34	<10	1.23	9.8	0.12	290	13	0.21	<1	12	0.01	101	0.58	>10000	5.9
9	V-51	19	1.04	25.0	1.11	485	5	2.97	4	18	0.08	17	0.08	10	10.8
10	V-54	18	2.71	11.8	0.57	188	26	1.63	<1	11	0.04	31	0.14	34	6.6

Cuadro 11; Informe de ensayo; elemento W y otros.

Muestras		Elementos								
N°	Codigo de Servicio	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153	G0153
	Elemento	Sn*	Sr*	Ti*	Ti*	V*	W*	Y*	Zn	Zr*
	Unidad	ppm	ppm	%	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
	Límite Inferior	10	0.5	0.01	2	2	10	0.5	0.5	0.5
	Límite Superior	10000	5000	15	10000	10000	10000	10000	10000	10000
1	V-A	<10	24.1	0.05	<2	153	<10	2.8	667	5.1
2	V-19	<10	12.5	<0.01	<2	145	<10	1.4	459	2.9
3	V-21	<10	36.0	0.04	<2	203	148	17.2	199	26.8
4	V-26	29	255	0.28	<2	262	76	12.3	84.0	34.7
5	V-29	<10	28.3	0.03	<2	99	<10	16.3	1964	11.1
6	V-30	<10	72.9	0.13	<2	68	<10	65.2	48.0	17.6
7	V-30A	<10	23.3	0.17	40	208	<10	76.7	30.1	13.2
8	V-34	<10	36.4	0.09	<2	162	<10	5.7	1713	9.4
9	V-51	<10	390	0.39	<2	127	<10	24.6	135	32.5
10	V-54	<10	191	0.15	<2	114	<10	3.8	43.7	15.9

Para poder determinar la presencia del oro en los óxidos, se procedió a obtenerlo en dos formas; la primera de la veta y la segunda del mineral ya molido que se nos proporcionó un minero informal de los que ya había preparado para la cianuración realizándose el análisis químico para verificar su ley en oro, mostrado en *Cuadro 12*.

Cuadro 12; Informe de ensayo; elemento Au en material molido.

Pág. 1/2



K.W. QUIMICA GERMANA S.A.C.
Calle Las Fábricas Mz B. Lote 20-A, Urb. La Villa - Chorrillos
Telefax : 251-0442 / 251-0443 - R.P.C. 984297625

INFORME DE ENSAYO
KW 0753 / 2017

Fecha :	02 / 03 / 2017	
Cliente :	GEOEXPLORACION INGENIEROS PERU S.A.C	
Referencia :	Cot.KW 0203 / 2017	
Material :	MINERAL	Orden de Trabajo : KW 0306 / 2017
Cantidad de Muestra(s) :	01	Cerrados <input checked="" type="checkbox"/> Abiertos <input type="checkbox"/>

Nro. LAB	CLIENTE	Au Onz/T.C' (*)
KW 1115	Juanito	0.7686 1.1200

(*) Se recomienda análisis por método Newmont.



* Este informe no podrá ser re-producido sin la autorización de K.W. QUIMICA GERMANA S.A.C.

* Los resultados solo corresponden a la muestra indicada.

* Los resultados de los ensayos se guardarán por un período de 3 meses.

R.U.C. 20516566977

E-mail: kwquimica@speedy.com.pe / kwgermana@enet.com.pe / qgermana@enet.com.pe

5.2 Relación de la mineralización con la litología, estructuras y alteración

5.2.1 Relación de la mineralización con la litología

La distribución de la mineralización auro-cuprífera, no se halla supeditada a los tipos de rocas presentes en el área. Se ha podido observar que dicha mineralización está presente tanto en granodioritas, dioritas, tonalitas hasta en el pórfido granodiorítico. Por lo tanto estas rocas actúan como roca huésped de la mineralización.

5.2.2 Relación de la mineralización con el sistema estructural

Existe una relación directa entre la mineralización y el sistema de fracturas. Se ha observado en campo dos sistemas de fracturas que han sido rellenadas por mineral: un primer sistema NE-SO y una segunda NO-SE.

5.2.3 Relación de la mineralización con la alteración hidrotermal

Como se ha mencionado sobre la existencia de tres tipos de alteraciones, la cuarzo-sericita débil la única que se presenta en las estructuras mineralizadas, como halo de alteración y no afecta de manera significativa a la roca huésped.

5.3 Discusión de modelo de depósito de oro del área de Chosica

Se ha escrito teorías de modelos desde varios puntos, en base a ello analizaremos las características geológicas de las estructuras halladas y determinaremos a que modelo se asemeja.

5.3.1 Estructura

En el área de estudio, la mineralización hallada es en vetas, dichas estructuras llegan a formar familias de venas, venillas y muy escasas de gran potencia. También se debe mencionar que las longitudes de estas estructuras son continuas, en ocasiones llegan a tener hasta 50m de longitud, estas se han mapeado y se han interpretado para una mejor comprensión y dimensionamiento de este depósito.

La textura está supeditada a la existencia de vetas y estas a su vez al relleno del que está compuesto.

El principal mineral de relleno es el cuarzo; que se halla de forma masiva, teniendo aspectos diversos: cuarzo lechoso y cuarzo hialino en menor cantidad que el cuarzo lechoso, además se presenta en forma anhedral, muy escaso euhedral, siendo en geodas la mayor cantidad encontrada en esta forma. En cambio el cuarzo lechoso se halla en mayor cantidad alojando a la mineralización aurífera. Este cuarzo tiene una apariencia homogénea, densa y uniforme.

5.3.2 Alteración

Como se mencionó en anterior ítem sobre alteración, solo se tiene tres tipos débiles, siendo la principal la cuarzo-sericita en las vetas, que apenas forman pequeñas aureolas en la roca, seguida de la silicificación. La argílica que se presenta en la destrucción parcial de algunos cristales de plagioclasa y que estas rellenan dichos cristales. La propilítica se halla muy débil, en algunos casos como alteración de algunos cristales de biotita a clorita.

5.3.3 Mineralización

La mineralización en el área tienen dos ensambles bien definidos como son: cuarzo-óxidos-oro y cuarzo-pirita-calcopirita. El cuarzo presente como ya se ha remarcado se halla en formas masivas de color blanco lechoso, típicas de depósitos hidrotermales.

5.3.4 Ambiente estructural

Estas estructuras mineralizadas que constituyen un depósito se halla en un centro intrusivo; Superunidad Santa Rosa, perteneciente al Batolito de la Costa.

5.3.5 Tamaño

El área de estudio se ha dividido en dos zonas, que el autor considera muy importantes en mineralización ya que son estas zonas donde se halla. Estas zonas a saber son: La Cantuta-9 de octubre y San Antonio-Carossio, presentando mineralización y siendo en estas zonas donde se vienen realizando los trabajos de mineros informales.

5.3.6 Síntesis

El depósito observado en Chosica y que es materia de tesis, es un depósito hidrotermal, esto se podrá reafirmar en el siguiente

capítulo, haciendo una comparación entre este y otros a nivel del Perú y el mundo. Para poder realizar dichas comparaciones, lo llamaremos: Depósito aurífero de Chosica.

5.4 Comparación del depósito aurífero de Chosica con similares en el Perú y el mundo

La presencia de un depósito que ha sido poco estudiado y que es materia de tesis, justifica que se realice un estudio comparativo con otros similares que se encuentra en el Perú tal es el caso del yacimiento Orión y otro a nivel mundial como es el yacimiento Fort Knox en Alaska (EEUU).

El autor ha descrito nueve tipos de depósitos (ver Marco Teórico), seleccionando tres modelos, en los cuales podría encajar nuestro depósito. Estos son: i) Depósitos en vetas de cuarzo asociados a Batolitos; ii) Vetas hidrotermales de Cuarzo-Oro y iii) Sistemas de oro reducidos relacionados a intrusivos (RIRGS).

5.4.1 Marco geológico de depósito hidrotermales

5.4.1.1 Marco litológico

Este tipo de depósito está relacionado a rocas ígneas intrusivas hasta una hipoabisal como es el pórfido granodiorítico, ubicado en la zona de San Antonio-Carossio.

Extrapolando de nuestro Marco Teórico referido a modelos de depósitos, y seleccionado tres depósitos que se asemejan con el nuestro, podemos complementar que las rocas huéspedes de la mineralización son ígneas intrusivas y no encontrándose rocas volcánicas.

5.4.1.2 Marco estructural

El área de estudio está asociado a un episodio de magmatismo efusivo, que corresponde a facies volcánica-sedimentaria, cuya máxima evidencia lo tenemos en el Grupo. Casma y los Volcánicos Yangas presente en la zona de Santa María y Carapongo-Huachipa respectivamente.

A este episodio le sigue otra de epirogénesis, que se produjo en casi toda la costa peruana como es la intrusión del Batolito de la Costa. La intrusión del Batolito se produjo en pulsaciones cada cierto periodo de tiempo, evidenciado por las Superunidades y subunidades. En el área de estudio esta pulsación está mostrada por la Superunidad Santa Rosa y las subunidades; cuerpos claros y cuerpos oscuros.

Un posterior episodio corresponde al fracturamiento que se produjo en el área delineando un patrón estructural, característico de la región andina.

El marco tectónico correspondería a un arco de margen continental interior a tras arco.

Las fases tectónicas que afectan a la Superunidad Santa Rosa, están en función de la edad del Batolito, considerando que su edad va de 75 a 90 Ma, entonces, empezarían con la fase Peruana (84 Ma-79 Ma) en el Campaniano temprano, fase Incaica I (59 Ma-55 Ma); Incaica II (43Ma-42Ma); Incaica III (30Ma-27Ma); Incaica IV (22Ma); Fase Quechua I (17Ma); Quechua II (8Ma-7Ma) y Quechua III (5Ma-4Ma).

El área de estudio tiene el siguiente patrón de fracturamiento pre mineral: NO-SE y otra de rumbo; NE-SO, emplazándose la mineralización en ambos rumbos.

5.4.2 Modelos de depósitos comparables

En el marco teórico se explica los modelos de depósitos en los cuales pueden enmarcarse nuestro depósito estudiado, elevándolo a este nivel por las características que son: i) La densidad de las estructuras mineralizadas (cincuenta estructuras, entre venas, venillas y vetas en menor proporción), en dos zonas bien definidas; ii) El ensamble mineralógico que presentan; óxidos-cuarzo-oro y cuarzo-sulfuros-oro; iii) El análisis químico muestra leyes de Au: 4ppm; Cu: >1000ppm y Mo: 220ppm en promedio.

Los modelos de depósitos con los cuales se pueden comparar son: Depósitos en Vetas de Cuarzo asociados a Batolitos (Poulsen et al.,

2000); Vetas hidrotermales de Cuarzo-Oro (Núñez et al., 1994) y Sistemas de oro relacionados a intrusivos: RIRGS (Hart, 2007). Por las características de roca huésped, minerales asociados y ambiente estructural.

5.4.3 Síntesis

De los tres modelos de depósitos que se asemejan con el estudiado, podemos concluir en lo siguiente: en todos ellos la roca huésped son los intrusivos, aunque de variada composición. Un segundo rasgo muy importante en que se diferencia unos de otros es la mineralización. Mientras que el modelo descrito por Poulsen et al., (2000); nombrándolo Depósitos en Vetas de Cuarzo asociados a Batolitos, sus menas contienen casi igual abundancia de oro y plata (Au: Ag= 1:5 a 5:1), localmente altas concentraciones de cobre y zinc. Hart (2007), describe a su modelo como de mineralogía de Au-Bi-Te-W, además de la presencia de cuarzo laminar, mostrando además que en los otros modelos se tiene la presencia de cuarzo lechoso masivo.

Nuestro depósito aurífero de Chosica, contempla si bien es cierto como roca caja intrusivos, característicos de los modelos de depósitos mencionados, con lo cuáles encajan, donde sí se aprecia diferencias es en la mineralización. Ya que en el modelo de Depósito Relacionado a Intrusivo, la mineralización está dada por Au-Bi-Te-W sin cobre o muy escaso, en nuestro yacimiento si tenemos la presencia de cobre secundario en la parte superior del depósito, profundizando cambia la mineralogía tornando más cobre primario (calcopirita), tornando a un ensamble de cuarzo-pirita-calcopirita.

CAPÍTULO 6: DISCUSIÓN

6.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

El conocimiento de depósitos auríferos en el Batolito de la Costa en el sur del Perú, permitió realizar un estudio en búsqueda de similares alojados en la Superunidad Santa Rosa perteneciente al Batolito de la Costa, circunscrito al distrito de Lurigancho-Chosica. Esto permitió definir dos zonas mineralizadas, que serán áreas de interés prospectivo; La Cantuta-9 de Octubre que se caracteriza por ser auro-cuprífera y San Antonio-Carossio que es cupro-aurífera. Los estudios geológicos realizados en toda el área permitieron determinar cómo se comporta el oro en el contexto textural, alteraciones y ensambles mineralógicos y en el contexto mineragráfico (ocurrencias).

Un aspecto importante a mencionar es que el oro se halló en la muestra M-1, en forma submicroscópico (fino), determinado por electrónica de barrido ya que con el análisis de mineralogía óptica no se pudo determinar.

6.2 Prueba de hipótesis

Se postula que el comportamiento de la mineralización de oro en el Batolito de la Costa, en la Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima, está relacionado al tipo de textura, ensamble mineralógico y a la alteración hidrotermal.

El mapeo de las estructuras mineralizadas (cincuenta y nueve; entre venas y venillas), en el área de trabajo ha conllevado a un análisis para agruparlas de acuerdo a sus ensambles mineralógicos y a la densidad en que se encuentran; de ello se desprende que existen dos zonas importantes de mineralización, que vienen a ser áreas de interés prospectivo; la zona de La-Cantuta-9 de Octubre y la zona de San Antonio-Carossio.

La textura masiva y gruesa es la que se ha determinado que tiene las mejores leyes de oro, difiriendo con el cuarzo hialino euhedral donde

disminuye la mineralización aurífera, esto se prueba con las leyes que se muestran en el cuadro N° 9. De ello podemos afirmar que el oro tiene gran receptibilidad en el cuarzo lechoso masivo.

El ensamble mineralógico es importante y se tiene dos tipos: óxidos-cuarzo y cuarzo-sulfuros; en el primer ensamble los óxidos que se han determinado son: goethita y hematita (moderada presencia), en tanto en el ensamble cuarzo-sulfuros, como minerales sulfurosos tenemos a la piritita granular, masiva y a la calcopirita, que se halla reemplazada por covelita y calcosina.

Los elementos que pueden correlacionarse, en una asociación geoquímica serían: i) Para la zona La Cantuta-9 de Octubre (aurífera): Au-Cu-Ag-Bi; ii) En tanto para la zona San Antonio-Carossio (cuprífera): Cu-Au-Mo-Bi.

El ensamble que tiene mayor contenido de oro es de: óxidos-cuarzo, que se corrobora con el análisis químico realizado a una muestra molida proporcionado por un minero informal. El análisis químico arroja una ley de 1.1 Onz/T.C (Ver Cuadro 12).

Y en cuanto a la alteración podemos afirmar que en el área de trabajo, se ha observado que la alteración predominante es una cuarzo-sericita restringido a las venas y venillas, produciendo un halo débil de alteración, del mismo modo para la silicificación. En tanto la argilización es muy débil presentándose en las cercanías de las vetas. Por último la Propilitización se encuentra como una alteración de borde, mostrando, cloritas reemplazando a biotitas y débil diseminación de magnetita.

Probando la hipótesis específica sobre el modo de ocurrencia que tiene el oro en las estructuras mineralizadas hospedadas en el Batolito de la Costa, Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima. Podemos afirmar que el oro se halla libre, en electrum y submicroscópico, como se muestra en las figuras N°19 al N°21; N°25,26 y figuras N°28 al N°29.

Y sobre una segunda y última hipótesis específica, se trabajó con el objetivo de integrar los diversos datos geológicos para el entendimiento del emplazamiento de las vetas de Au en el batolito de la Costa, Superunidad Santa Rosa, Chosica-Lima, esto será mostrado en la presentación de resultados.

6.3 Presentación de resultados

El estudio de la tesis permitió conocer las características litológicas, mineralógicas, estructurales de un conjunto de estructuras mineralizadas que está muy cerca de Lima, los cuales se elevan a la categoría de depósito con el fin de que se puedan realizar las exploraciones que muestren el verdadero potencial del mismo.

El oro se asocia mineralógicamente en dos tipos de ensambles característicos en el área de estudio; Óxidos-Cuarzo y Cuarzo-Pirita-Calcopirita, siendo el primer ensamble con mayor contenido de oro. Además en las vetas donde se hospeda el oro, este metal se comporta en las siguientes formas: oro libre y como electrum, y submicroscópico cuando se halla con mayor presencia de sulfuros. La fuente de esta mineralización puede deberse a soluciones hidrotermales enriquecidos con estos metales.

Los tipos de rocas huésped tales como la granodiorita, diorita, tonalita y el pórfido granodiorítico; el sistema de fracturas en donde se emplazan las vetas; las alteraciones, además de las leyes del oro y su comparación con otros modelos de depósitos de este tipo nos llevan a afirmar que: El comportamiento de la mineralización del oro en la Superunidad Santa Rosa (Chosica-Lima), se halla como oro libre, electrum y submicroscópico, siendo el sistema de vetas donde se emplazaron la mineralización económica (Cu-Au), un depósito hidrotermal en vetas.

CONCLUSIONES

- Para determinar el comportamiento del oro, este ha sido analizado en diferentes modos (óptica y barrido electrónico), mostrando lo errático que es, se le estudió en diferentes tipos de materiales hasta en el relave que obtienen los mineros informales de la zona de Baja California (Chosica), sin embargo este oro en sulfuros se halla en forma coloidal, en tanto en óxidos se halla como oro libre y electrum así como en el relave. Por este mismo estudio se ha detectado la presencia de lodargirita (Agl), que es un mineral de plata, identificándosele en pequeñas partículas incluidas en goethita a nivel de trazas.
- Para la determinación de la textura de las rocas en el área de estudio se debe agrupar en dos grupos: un primer grupo compuesto de rocas volcánicas con textura afanítica, en donde es perceptible los cristales de plagioclasa en una masa fundamental fina compuesta de ferromagnesianos.

El segundo grupo que es el más importante, ya que allí se aloja la mineralización, está compuesta de todos los intrusivos expuestos en el área; dos tipos de texturas predominan: La holocristalina, característico de las dioritas, gabrodioritas, tonalitas, granitos y granodioritas. Estas rocas están compuestas exclusivamente por cristales en donde muchos de ellos tienen sus propios contornos (hipidiomórfica), lo que macroscópicamente le conocemos como roca granuda. Un segundo tipo de textura es la porfirítica: este tipo de textura se determinó en el pórfido granodiorítico hallado en la zona de San Antonio-Carossio, donde esta muestra tiene la particularidad de matriz grueso (hipidiomórfico granular).

En cuanto a su mineralogía conocemos teóricamente, cuáles son sus componentes, difiriendo solo en el porcentaje volumétrico de cada tipo de roca. Sin embargo considero que

presta relevancia el hecho de la presencia de las hornblendas en estas rocas, ya que estas se hallan en la mayoría de las rocas del área en su forma cristalizada, siendo el caso de cristales de grandes tamaños, llama la atención que se hallan agrupadas formando rosetas y en venas. Otros minerales que se hallan como accesorios son el apatito y el zircón.

- Se ha determinado que la alteración hidrotermal, se halla restringido en mayor grado a la presencia de las estructuras mineralizadas (vetas, venillas), formando delgadas aureolas de alteración. La sericitización es la alteración predominante en las estructuras, seguida de una débil silicificación, lejos de las estructuras mineralizadas no se ha observado la silicificación, aunque la sericita está presente en algunas rocas muy débil que solo se ha podido determinar en estudio al microscopio. La alteración propilítica es la dominante en el área, sin embargo es importante anotar que el grado de intensidad es débil a moderado, siendo esto muy puntual. En estudio petrográfico se ha observado que las cloritas reemplazan parcialmente a las biotitas.
- Las estructuras mineralizadas halladas en el área de estudio corresponde a un sistema de vetas y venillas, que se han emplazado en las rocas de esta Superunidad. La asociación mineralógica se presenta en dos formas: Qz-Óxidos-Au y Qz-Slf-Au. El cuarzo generalmente se halla en forma masiva y escaso en cristales (geodas), el lechoso predomina en relación al hialino; los óxidos que se encuentran asociados son: la goethita, la hematita y escaso la especularita. Como sulfuros predominantes encontramos a la pirita que se tiene en distintos hábitos desde la masiva, granular hasta en cristales euhedrales, también se hallan parcialmente o totalmente reemplazados a óxidos, un segundo sulfuro en importancia económica es la calcopirita que se halla de forma masiva, como minerales de alteración tenemos a la covelita y a la

calcosina que se hallan como pátinas sobre la calcopirita, ya que esta la ha reemplazado ya sea total o parcialmente, es muy importante anotar la presencia de la covelita ya que en el estudio de electrónica de barrido se ha determinado que posee oro en su composición.

Estas vetas y venillas emplazadas en la Superunidad Santa Rosa se hallan en las fracturas que trajo como consecuencia el tectonismo se dieron en el Perú. Estas vetas y venillas no se encuentran en toda el área de estudio (Superunidad Santa Rosa; Chosica-Lima), sino que se encuentra en dos zonas bien diferenciadas en cuanto a su mineralización. Estas dos zonas se les ha denominado: La Cantuta-9 de Octubre y San Antonio-Carossio. Siendo la primera zona más aurífera que cuprífera y la segunda zona es más cuprífera que aurífera. Las leyes resultaron alentadoras ya que en la zona de La Cantuta-9 de Octubre se tiene mejores valores de oro en tanto en la zona de San Antonio los valores de cobre responden mejor.

De las estructuras mineralizadas (vetas y venillas), que totalizan cincuenta y nueve, de las cuales treinta y uno se hallan en la zona La Cantuta-9 de Octubre y veintiocho en la zona San Antonio, cuya potencia promedio es de 10 cm y con longitud promedio de 50 m; se determina que estas estructuras se enmarcan dentro de un modelo hidrotermal de relleno asociado a intrusivos, ya que sus características litológicas, alteración y los elementos que lo conforman hacen de este modelo un depósito hidrotermal asociado a intrusivos.

RECOMENDACIONES

- Continuar con la exploración a detalle para dimensionar el depósito, ya que existe una alta probabilidad de que las estructuras mineralizadas profundicen y aumenten en potencia, mejorando la ley de cobre a la de oro.
- Se recomienda que dicha exploración continúe al sur del distrito, ya que se ha visto que las estructuras mineralizadas continúan en esa dirección.
- Realizar un estudio que conlleve a determinar la época de la mineralización, con lo cual nos indicaría la edad de nuestro depósito.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abregú Tovar, Cirilo (2012). *Exploración Geoquímica por Cu y Ag en el Prospector San Fidel-Tornamesa-Huaro-chirí-Lima*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Geólogo. UNI. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera y Metalúrgica. Escuela Profesional de Ingeniería Geológica. Lima, Perú.
- Álvarez Muñoz, E. (2004). *Filosofía de las ciencias de la tierra, el cierre categorial de la geología*. Oviedo: Pentalfa Ediciones.
- Aramburú, V., Núñez, P., Azañero, A., Fernández, S., Gagliuffi, P., Avilés, A., Portocarrero E., Acosta, H. (2007). Recuperación de oro y plata de minerales sulfurados en una matriz de cuarzo. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 10, 28-37.
- Acosta Ale Jorge (2013); Curso “Depósitos de Oro Relacionados con Intrusivos”. Lima, mayo 2013. En Proexplo. Lima-Perú.
- Azañero, A., Aramburú, V., Quiñones, J., Puente, L., Cabrera, M., Falconí, V., Quispe, J., Cardoza, F., Jaimes, K., Medina, A. (2010). Tratamiento hidrometalúrgico del oro diseminado en piritita y arsenopiritita del relave de flotación. *Revista del Instituto de Investigaciones FIGMMG*, 13, 7-12.
- Bellido Bravo, E. (1969). *Sinopsis de la Geología del Perú*. Lima: Servicio de Geología y Minería.
- Boyle, R.W., (1979). The Geochemistry of Gold and its Deposits (Together with a chapter on geochemical prospecting for the element) *Geological Survey of Canada*, 280, 9-88 p.
- Camprubí, A., González-Partida, E., Levresse, G., Tritlla, J., Carrillo-Chávez, A. (2003). Depósitos epitermales de alta y baja sulfuración: una tabla comparativa. Sociedad Geológica Mexicana. Tomo LVI, N°1, 10-18.
- Carlotto, V., Quispe, J., Acosta, H., Rodríguez, R., Romero, D., Cerpa, L., et al. (2009). Dominios Geotectónicos y Metalogénesis del Perú. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 103, 1-89.

- Cobbing, J. (1973). *Geología de los Cuadrángulos de Barranca, Ámbar, Oyón, Huacho, Huaral y Canta*. Lima: INGEMMET.
- Cobbing, J., Pitcher, Wallace Spencer (1979). *El Batolito Costanero en la parte Central del Perú; Algunos aspectos Estructurales del Batolito Costanero del Perú; Estructura y Emplazamiento del Complejo Acido Centrado del Río Fortaleza*. Lima: INGEMMET.
- Dávila Burga, J. (IV Ed) (2006). *Diccionario Geológico*. Lima: UNI.
- Gaviño Mendieta, Carlos (1967). *Introducción al Estudio de las rocas del Batolito Costanero en el Valle del río Rímac, Lima-Matucana*. Tesis para optar el Título de Ingeniero Geólogo. UNMSM. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. E.A.P. Ingeniería Geológica. Lima, Perú.
- Goldfarb, R.J., Marsh, E.E., Hart, C.J.R., Mair, J.L., Miller, M.L., and Johnson, C. (2007). Geology and origin of epigenetic lode gold deposits, Tintina Gold Province, Alaska and Yukon. *U.S. Geological Survey. U.S. Geological Survey Scientific Investigations Report, 5289-A, 18 p.*
- Gottfried, D., Rowe, J. and Tilling, R. (1972). Distribution of Gold in Igneous Rocks. *U.S. Geological Survey. 727, 30p.*
- Hart, C., Mc Coy, D.T., Goldfarb, R.J., Moira, P., Hulstein, R., Bakke, A., Bundtzen, T. (2002); Geology, Exploration and Discovery in the Tintina Gold Province, Alaska and Yukon. *Society of Economic Geologist, Special Publications, 9, 241-274.*
- Hart, C. (2007); Reduced Intrusion-Related Gold Systems. *Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication 5, 95-112.*
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, Baptista, P., (2006). *Metodología de la Investigación*. México, D.F. McGraw-Hill.
- León Lecaros, W., Palacios Moncayo, O., Vargas Vílchez, L., Sánchez Fernández, A. (1999). *Memoria Explicativa del Mapa Geológico del Perú, Escala 1/ 1 000 000*. Lima: INGEMMET.
- Loaiza Choque, E., Zárate Olazábal, H., Galloso Carrasco, A. (2008). *Mineralización y Explotación Minera Artesanal en la Costa Sur Medio del Perú*. Lima: INGEMMET.

- Miranda Arosemena Carlos (1991). Petrología y estructura de los yacimientos auríferos del Batolito de la Costa y Pataz, En VII Congreso Peruano de Geología. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 139-142.
- Núñez, F., Condori, A., Jara, M., Linares, F. (1994); Características metalogenéticas de la mineralización aurífera asociada al segmento sur del Batolito de la Costa; Nazca-Ocoña, En VIII Congreso Peruano de Geología. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 26-29.
- Oyarzun, J. (1984); Geoquímica y Metalogénesis endógena del oro. *Revista Geológica de Chile*, 21, 3-10.
- Palacios Moncayo, O., Caldas Vidal, J., Vela Velásquez, Ch. (1992). *Geología de los Cuadrángulos de Lima, Lurín Chancay y Chosica*. Lima: INGEMMET.
- Palacios Moncayo, O., Chacón, N., Sánchez Fernández, A., Canchaya, S., Aranda, A., León, W. (1995). *Geología del Perú*. Lima: INGEMMET.
- Patiño Cruzatti, Ramiro (1968) *Algunas características petrográficas del Batolito costanero (Región Lima)*. Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Geólogo. UNMSM. Facultad de Ingeniería Geológica, Minera, Metalúrgica y Geográfica. E.A.P. Ingeniería Geológica. Lima, Perú.
- Poulsen, K. H., Robert, F., and Dubé, B., (2000). Geological Classification of Canada gold deposits. Bulletin Geological Survey of Canada, 540, 9-70.
- Proyecto minero San Antonio (2011). Recuperado el 20 de setiembre de 2016, de <http://minasanantonio.blogspot.pe/>
- Pulgar Vidal, Javier (1987). *Las ocho regiones del Perú*. Lima: PEISA
- Rodríguez, Ítalo., Villarreal, E., Acosta, J., Chirif, H. (2011); *Informe Geoeconómico de la Región Ancash*. Lima: INGEMMET.
- Romberger, S., (1988). Introduction to Geology and Resource Gold, and Geochemistry of Gold. U.S. *Geological Survey*, 1857-A, A9-A22 p.
- Santos Cisneros, J. M. (2009). *Sistemas de vetas de la Mina Orión – Chala “Arequipa”*, Tesis para optar el Título profesional de Ingeniero Geólogo. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería

Geológica, Minera y Metalúrgica. Escuela Profesional de Ingeniería Geológica. Lima, Perú.

- Santos Cisneros, J. M. (2010). Controles geológicos-estructurales de la mineralización aurífera en el Sistema de vetas de la Mina Orión Chala-Arequipa. En XV Congreso Peruano de Geología. *Boletín de la Sociedad Geológica del Perú*, 9, 636-643.
- Simons, S., White, N., John, D. (2005). Geological Characteristics of Epithermal Precious and Base Metal Deposits. *Economic Geology* 100th Anniversary Volume, 485-522.
- Tavera, H., Bernal, I., Gómez, J., Bertrán G. (2012). *Zonificación Sísmica-Geotécnica del Área Urbana de Chosica (Comportamiento Dinámico del Suelo)*. Lima: Instituto Geofísico del Perú.
- Tumialán De la Cruz, P. H. (2003). *Compendio de yacimientos minerales del Perú*. Lima: INGEMMET.
- Valencia Muñoz, M., Villarreal Jaramillo, E. (2009). *Informe sobre la Metalogenia de la Cordillera Oriental- Sectores Sureste y norte del Perú*. (GE-13). Lima: INGEMMET.
- White, N.C., Hedenquist, J.W. (1995). Epithermal Gold Deposits: Styles, Characteristics and Exploration. Published in SEG Newsletter, 23, 1-13.